



**Sveriges lantbruksuniversitet**  
*Fakulteten för skogsvetenskap*

**Institutionen för skogens produkter, Uppsala**

**Den ekonomiska konsekvensen  
av ett effektiviseringsprojekt**  
– fallet förbättrad timmersortering med  
hjälp av röntgen och 3D-mätram

*The economic consequences of an efficiency project - the  
case of improved log sorting using X-ray and 3D scanning*

Erik Elmkvist



Sveriges lantbruksuniversitet  
*Fakulteten för skogsvetenskap*

Institutionen för skogens produkter, Uppsala

**Den ekonomiska konsekvensen  
av ett effektiviseringsprojekt**  
– fallet förbättrad timmersortering med  
hjälp av röntgen och 3D-mätram

*The economic consequences of an efficiency project - the  
case of improved log sorting using X-ray and 3D scanning*

Erik Elmkvist

**Nyckelord:** Timmersortering, Kvalitet, Multivariat dataanalys

---

*Examensarbete, 30 hp      Avancerad nivå i ämnet företagsekonomi (EX0753)*  
*Jägmästarprogrammet 07/12*

*Handledare SLU: Matti Stendahl*  
*Examinator SLU: Lars Lönnstedt*

## Sammanfattning

För att öka lönsamheten på ett sågverk gäller det att sortera timret rätt från början. En mer precis timmersortering resulterar i ett effektivare flöde genom hela produktionsprocessen. Förbrukningen av resurser i sågverket minskar samtidigt som det medför möjligheten att redan innan sönderdelningen av timmerstocken kunna styra rätt råvara mot efterfrågad produktkvalitet. Denna sortering är speciellt intressant när det gäller uppdelningen av frisk- och svartkvistig stock. En friskkvistig råvara är speciellt lämpad för vissa produkter med estetiska kvalitetskrav och den svartkvistiga råvaran lämpar sig väl i produkter där kraven på hållfasthet är speciellt starka.

Syftet med denna studie är att visa på de konkreta ekonomiska effekter som ett väl avgränsat effektiviseringsprojekt i sågverksmiljö kan innebära. Studiens effektiviseringsprojekt har gått ut på att förbättra träffsäkerheten i timmersorteringen. Genom att bättre utnyttja den befintliga röntgenramens möjligheter och ta in ett större antal kvalitetsparametrar som underlag för bedömning och sortering av timmerstockar, har jag utvecklat nya sorteringsregler för timret som medför högre utfall av den sågade målprodukten från timmerklassen 1850FRK (friskkvist) samt, som en konsekvens, även högre utfall av målprodukten från timmerklass 1850SVK (svartkvist). Utvecklingen av de nya sorteringsreglerna har skett genom multivariat analys av kvalitetsparametrar på timmer och sågad vara.

Denna studie visar att det är möjligt att höja precisionen i timmersorteringen med hjälp av att kombinera 3D-mätram och 2D-röntgen. Precisionen i timmersorteringen ökar med 4,2 % (85,5 % till 89,1 %) med införandet av den framarbetade sorteringsmodellen jämfört med nuvarande sortering. Precisionen i råsorteringen ökar med 2,4 % (91,9 % till 94,1 %). Studien innehåller en beräkning av de ekonomiska konsekvenserna av denna förbättring. Resultatet av en förbättrad timmersortering medför ett ökat täckningsbidrag för hela timmerklassen 1850 på 3,7kr/m<sup>3</sup>fub.

Det framarbetade sorteringsförslaget är endast applicerbart på den aktuella timmerklassen och kan inte gälla generellt för totala råvaruvolymen. Resultat kan däremot ge en fingervisning av den potential ett bredare effektiviseringsprojekt skulle kunna medföra om denna typ av flödesoptimering skulle utföras på alla de timmerklasser som särskiljer mellan frisk- och svartkvistiga stockar.

**Nyckelord:** Timmersortering, Kvalitet, Multivariat dataanalys

## Abstract

To increase the profitability it is important to sort the logs right from the start. A more precise timber sorting results in a more efficient flow through the production process. A more correct log sorting requires less resources, while it creates the possibility that even before the sawsetting of the log, control the right raw materials to the sought-after product. This sorting is especially interesting with regard to the breakdown of sound- and black-knotty logs. A sound knotty raw material is particularly suited, in terms of quality, for some products with aesthetic quality and the black knotty raw material is well suited for products where strength requirements are particular important.

The aim of the project has been to improve the accuracy of log sorting. By making better use of existing measurement opportunities and take in a greater number of parameters, as a basis for evaluating and sorting of logs, the study has developed a new grading rules for timber resulting in higher precipitation of the solid-target product from the timber class 1850FRK (sound knots), and, as a consequence even higher outcomes of the target product from the timber class 1850SVK (black knot). The development of the new grading rules have been through multivariate analysis of quality parameters of logs and sawn timber.

This study shows that it is possible to increase the precision in the log sorting by combining the 3D scanning and 2D X-ray. The accuracy of the log sorting will increase by 4.2% (85.5% to 89.1%) with the introduction of the developed log sorting model compared to current sorting strategy. The precision in the green sorting increases by 2.4% (91.9% to 94.1%). The study also shows the potential economic effects of such an improvement. The result of an improved log sorting will mean greater revenue for the entire timber class of 1850 with an increase in 3.6 SEK/m<sup>3</sup>fub.

The log sorting model proposed is only applicable to the actual timber class, and may not apply generally for the total raw material volume. Results can, however, give some indication of the potential of what a wider efficiency projects could bring, if this type of flow optimization was performed in all the timber classes which distinguish between sound and black knotty logs.

**Keywords:** *Log sorting, Quality, Multivariate Data Analysis*

## **Förord**

Ett stort tack till min externa handledare för handledning och uppmuntran under arbetets gång. Jag vill även tacka alla involverade på sågverket för all hjälp med de tekniska och praktiska förutsättningar som behövdes för att kunna genomföra studien. Tack till min handledare på SLU, Matti Stendahl för vägvisning samt Mats Nylinder för de diskussioner som fördes kring studiens resultat.

Uppsala, 5 juni 2012-06-05

Erik Elmkvist

# Innehållsförteckning

## Sammanfattning

## Abstract

## Förord

<b>Innehållsförteckning .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Inledning.....</b>	<b>7</b>
1.1 Bakgrund .....	7
1.2 Problembeskrivning.....	7
1.3 Syfte .....	8
1.3.1 Frågeställningar .....	8
1.4 Avgränsningar .....	9
1.5 Sågverksprocessen.....	9
1.6 Befintlig mätutrustning.....	10
1.7 Kviststruktur.....	11
1.8 Handelssortering av trävaror .....	12
1.8.1 Sorteringsregler .....	13
1.9 Tidigare studier.....	13
<b>2 Teori.....</b>	<b>15</b>
2.1 Effektiviseringsarbete.....	15
2.1.1 TQM.....	15
2.1.2 Lean Production.....	16
2.2 Produktionsekonomi.....	17
2.2.1 Rörliga och fasta kostnader.....	17
2.2.2 Särkostnader och samkostnader .....	17
2.2.3 Direkta och indirekta kostnader .....	18
2.2.4 Kalkylmetoder .....	18
2.2.5 Bidragskalkyl .....	18
2.2.6 Självkostnadskalkyl.....	19
2.2.7 ABC-kalkyl.....	19
2.3 Kvalitetsparametrar .....	19
<b>3 Metod .....</b>	<b>20</b>
3.1 Undersökningsdesign och metodval .....	20
3.1.1 Validitet och reliabilitet .....	20
3.2 Datainsamling.....	20
3.2.1 Urval .....	21
3.2.2 Timmersortering .....	21
3.2.3 Provsågning.....	21
3.2.4 Bortfall .....	21
3.3 Databearbetning.....	22
3.3.1 Logistisk regression .....	22
<b>4 Resultat .....</b>	<b>24</b>
4.1 Timmerfördelning .....	24
4.2 Kvalitetsfördelning.....	25
4.3 Sorteringsmodell .....	26
4.3.1 Toppstockar.....	26
4.3.2 Rotstockar .....	27
4.3.3 Sorteringsmodellens funktion.....	28
4.4 Effektiviseringsvinster.....	29
4.4.1 Kalkylering.....	29
4.4.2 Jämförande kalkylering .....	30
4.4.3 Kalkylering - sorteringsmodell 1850FRK.....	31
4.4.4 Kalkylering - sorteringsmodell 1850SVK .....	32

4.4.5 Kalkylering – totalt resultat .....	33
<b>5 Diskussion, analys och slutsatser .....</b>	<b>34</b>
5.1 Timmersortering .....	35
5.1.1 Sorteringsmodell .....	35
5.2 Metoddiskussion .....	37
<b>Referenser .....</b>	<b>38</b>
<b>Bilagor .....</b>	<b>39</b>

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Konkurrensen om trädråvaran och det ökade kravet på den sågade varans kvalitet sätter sågverkens produktionsprocess i allt större fokus. Ett allt högre råvarupris kombinerat med ovanstående faktorer medför att sågverken tvingas till att öka kvaliteten i tillverkningsprocessen. Detta i kombination med det faktum att sågutbytet i den svenska sågverksindustrin är i genomsnitt 47,8 % per m<sup>3</sup>fub (Nylinder och Fryk, 2011) och råvarukostnaden står för nära 70 % av industrins kostnader (Skogsindustrierna, 2010) blir sågverken tvingade att kontinuerligt finna vägar mot en mer kostnadseffektiv produktion.

För att uppnå effektivitet i produktionsprocessen sorteras nästan allt timmer i de svenska sågverken i timmerklasser. Dessa timmerklasser baseras, i de enklare fallen, vanligen på dimension och träslag. Uppdelningen i timmerklasser gör att sågverkens produktivitet ökar genom att det är möjligt att såga ett stort antal likartade stockar vid samma tillfälle. För att öka precisionen i sågverkens timmersortering använder sig många sågverk av 3D-mätramar. Dessa 3D-mätramar mäter stockens yttre form och utifrån det kan man sedan prediktera stockens inre kvalitet. 3D-mätramen mäter bland annat stockens avsmalning och bulighet vilket har visat sig vara bra parametrar för att uppskatta stockens inre kvalitet. Detta medför en kvalitetssortering som gör det möjligt att styra stockar med ett predikterat högt kvalitetsvärde mot produkter där kvaliteten motsvaras av ett högre produktvärde (Nylinder et al. 1995).

Användandet av röntgenutrustning för att kvalitetssortera timmer är fortfarande under utveckling men används vid ett antal sågverk i landet. Oja et al. (2004) utförde studier där de båda teknikerna, 3D-mätram och röntgenmätning, jämfördes. Studien gjorde även en jämförelse genom att kombinera dessa metoder. Resultatet visade att det finns en utvecklad potential i sågverkens timmersortering. Genom att kombinera dessa mätmetoder kan träffsäkerheten i timmersortering förbättras väsentligt. Eftersom tekniken sågverket nyttjar i sin timmersortering är ny på den svenska marknaden saknas tillräckliga kunskaper och studier inom området. Det har visserligen utförts studier inom området av främst SP-träteknik och Luleå Tekniska Universitet (Oja et al. 2004; 2010), men det saknas fortfarande storskalig industriell implementering.

## 1.2 Problembeskrivning

För att öka lönsamheten gäller det att sortera timret rätt från början. Detta resulterar i ett effektivare flöde genom hela produktionsprocessen. En mer korrekt sortering kräver mindre resurser i sågverket samtidigt som det medför möjligheten att redan innan sönderdelningen av timmerstocken kunna styra rätt råvara mot efterfrågad produktkvalitet. Denna sortering är speciellt intressant när det gäller uppdelningen av frisk- och svartkvistig stock eftersom en majoritet av sågverkets råvara sorteras efter dessa parametrar. En friskkvistig råvara är speciellt lämpad, ur kvalitetssynpunkt, för produkter med estetiska kvalitetskrav medan den svartkvistiga råvaran lämpar sig väl i produkter där kraven på hållfasthet är speciellt starka.

Värdföretaget för detta examensarbete har nyligen investerat i en 2D-röntgenmätram för att kunna effektivisera timmersorteringen. Det har även gjorts ytterligare investeringar i sågverkets timmersortering för att kunna fördela råvara på fler antal fack och på så sätt kunna sortera timret utefter fler kvalitetskrav. Genom att kombinera stockens yttre egenskaper med de av röntgen givna inre egenskaperna är förhoppningen att precisionen i kvalitetssorteringen av timmer skall öka.



Uppdelningen i timmerklasser sker med hjälp av tröskelvärden (gränsvärden) i mätutrustningen vilka anger olika värden en timmerstock måste inneha för att kvalificera sig för en specifik kvalitetsklass. Genom att ändra sorteringsreglerna kan andelen volym i respektive kvalitetsklass förändras. Att ställa hårda krav i kvalitetssorteringen medför en ökad säkerhet i utfallet av kvalitet men ett förhållandevis liten utfallen volym. Att ställa hårda krav i röntgenutrustningen kan riskera att sågverket inte får fram några stockar alls för den efterfrågade produktkvaliteten. Det är därför nödvändigt att hitta en kompromiss mellan utfallet av volym och kvalitet. En stor volym av sågverkets timmer sorteras efter kvistkvalitet med avseende på frisk, och svart kvist. En svartkvistig stock som sorteras som friskkvistig kommer att sågas och torkas som en friskkvistig kvalitet och vice versa. Detta medför kvalitetsbristkostnader. Dessa kostnader visar sig som outnyttjad potential i kvalitetsutfall och processanvändning.

Erfarenheter från värdföretagets initiala förbättringsarbete med kvalitetssorteringen har visat att kvistvarvsvolymer har en stor effekt på utfallet av frisk- respektive svartkvistig stock. Det råder däremot osäkerheter kring övriga parametrars betydelse avseende denna särskiljning.

### **1.3 Syfte**

Syftet med studien är att visa den ekonomiska konsekvensen av att kombinera 3D-mätram och 2D-röntgenram i timmersorteringen på ett sågverk. Detta görs genom att maximera precisionen i sorteringen av friskkvistigt timmer respektive svartkvistigt timmer i timmerklass 1850, samt genom att beräkna de ekonomiska konsekvenserna av denna förbättring för sågverket. Sågverket tillhör ett företag som är studiens uppdragsgivare. Studien visar på vilka konkreta ekonomiska effekter som ett väl avgränsat effektiviseringsprojekt i timmersorteringen på ett sågverk kan innebära.

Genom att undersöka relationen mellan stockens inre och yttre egenskaper och utfallet av sågade varor av olika kvaliteter avser studien finna möjligheten att med högre precision sortera timret med avseende på uppdelningen mellan frisk- och svartkvistiga stockar. Genom att bättre utnyttja den befintliga 2D-röntgenramens möjligheter och ta in ett större antal kvalitetsparametrar som underlag för bedömning och sortering av timmerstockar, är målet att utveckla nya sorteringsregler för timret som medför högre utfall av den sågade målprodukten från timmerklassen 1850FRK (friskkvist) samt, som en konsekvens, även högre utfall av målprodukten från timmerklass 1850SVK (svartkvist). Utvecklingen av de nya sorteringsreglerna sker genom multivariat analys av kvalitetsparametrar på timmer och sågad vara. Resultatet kommer även att visa förslag på andra potentiella effektiviseringsmöjligheter gällande uppdelningen frisk- svartkvistig stock utifrån ingående parametrar. De potentiella effektiviseringsmöjligheterna kan tänkas vara, mindre tidsåtgång i timmersorteringen och mindre tidsåtgång i såglinjen. En mer precis timmersortering ger en kortare tidsåtgång för att sortera fram och såga en tillräcklig stor volym efterfrågad målprodukt.

Resultatet av denna rapport är tänkt att vara en del i sågverkets kontinuerliga förbättringsarbete och kan komma att användas som underlag för vidare effektiviseringar inom sågverket.

#### **1.3.1 Frågeställningar**

- Hur ser den funktion ut, med avseende på ingående parametrar och syntax, som bäst kan förutsäga klassningen av timmer i timmerklass 1850 i friskkvistigt timmer respektive i svartkvistigt timmer?

- Vilka blir de ekonomiska konsekvenserna för sågverket med den nya sorteringsmodellen jämfört med en sorteringsstrategi som baseras på de rådande sorteringsreglerna?

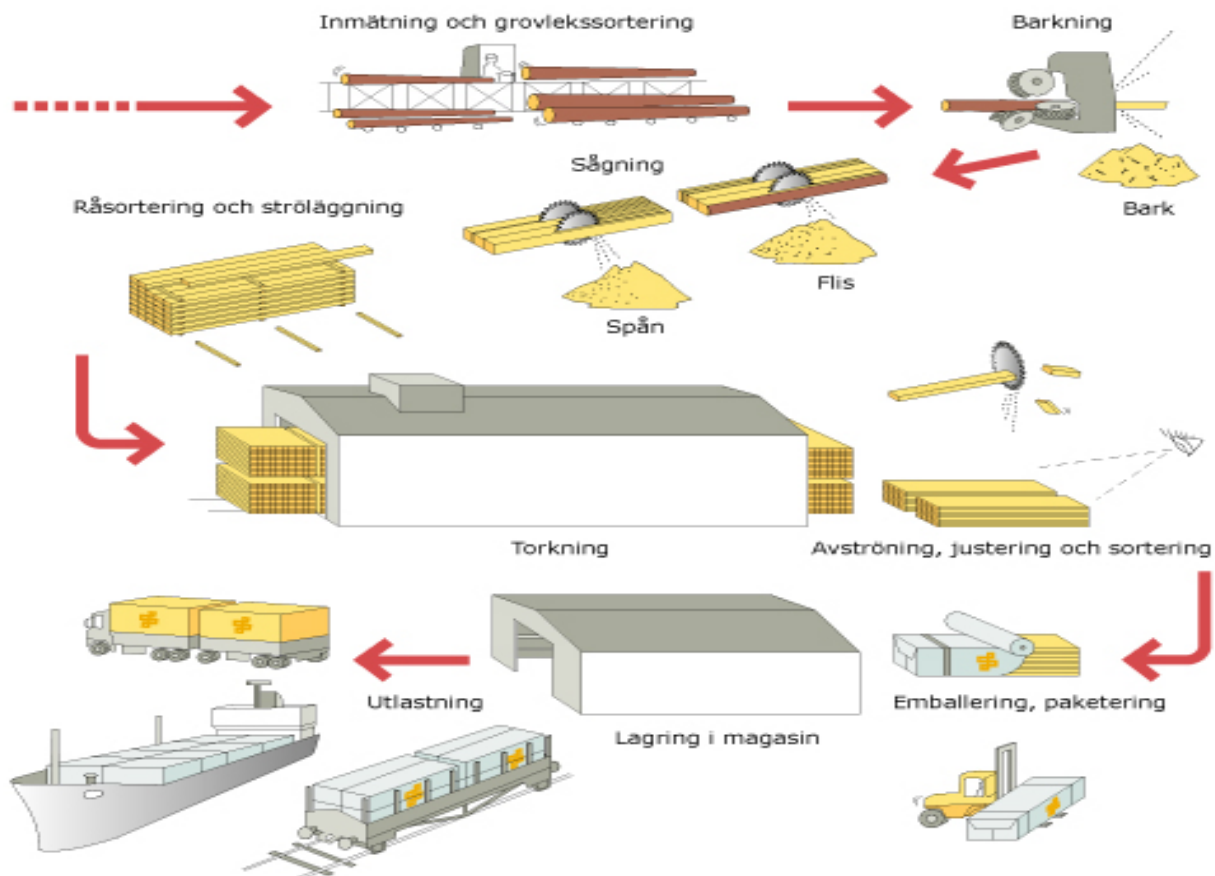
## 1.4 Avgränsningar

Rapporten kommer enbart att belysa timmerklassen 1850. De studerade stockarna antas vara gällande för hela timmerklassen.

Resultatet kommer visa förslag på effektiviseringsmöjligheter avseende en ny sorteringsstrategi och kommer inte att avse en implementering av denna.

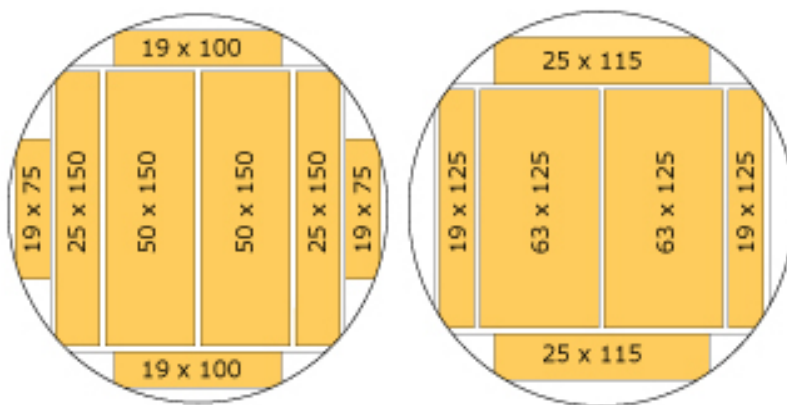
## 1.5 Sågverksprocessen

Sågverksprocessen kan beskrivas som en process där material kontinuerligt transporteras mellan maskiner för sönderdelning eller annan bearbetning. Förädlingsprocessen i ett sågverk börjar vid timmersorteringen där råvaran mäts in för att sorteras upp i olika timmerklasser (Figur 1).



Figur 1. Sågverksprocessen. (Träguiden. 2012a)

Dessa timmerklasser definieras utifrån diameter på stocken och sågverkets önskemål om produktutfall. För att optimera sönderdelningen av stocken sågas stocken i olika sågmönster, postningar (Figur 2). Dessa postningar är olika för de olika timmerklasserna och syftar till att maximera det önskade utbytet från råvaran. Det huvudsakliga utbytet som bör maximeras är centrumutbytet, då centrumplankorna har det högsta försäljningsvärdet.



Figur 2. Figuren visar en exempelbild över två olika postningar (sågmönster) samt dimensionerna på de produkter, plankor och brädor som faller ut. (Träguiden. 2012a)

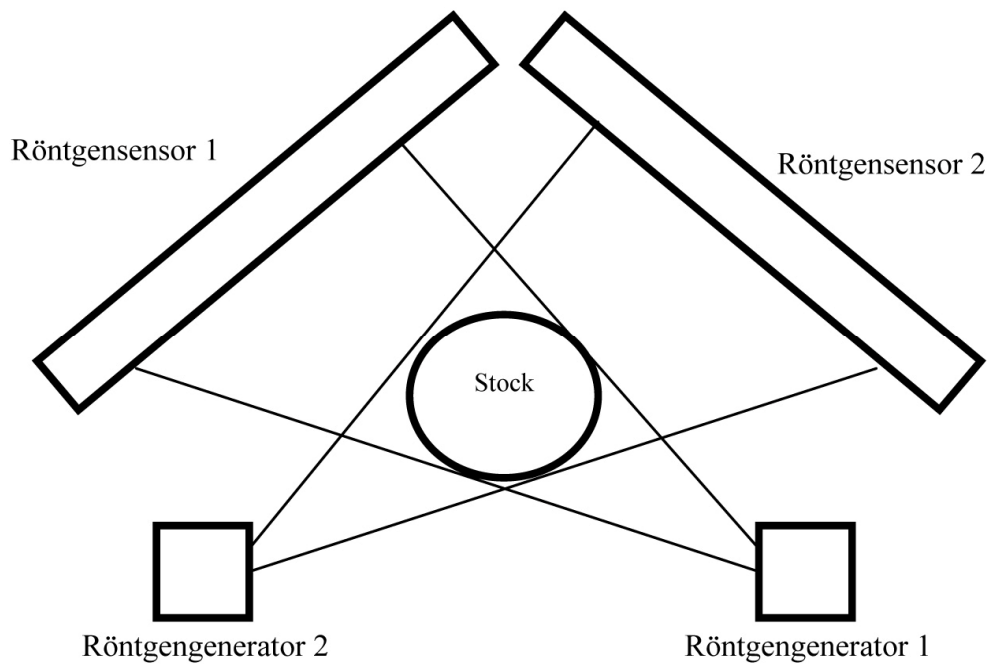
När timret är uppsågat torkas det till önskad fukthalt. Efter torkningen går den sågade varan till justerverket där sortering och justering av produkterna sker. Detta sker ofta både manuellt och med hjälp av automatsortering. När produkten sedan är färdigbehandlad sker oftast en lagring innan vidare transport mot vidareförädling och slutkund. (Träguiden, 2012a)

Sågverkets funktion är grundläggande enkel, sågtimret sönderdelas i sågningen till plankor och brädor i olika dimensioner för att sedan torkas och paketeras för vidaretransport till sågverkets kunder. I praktiken är dock sågverksprocessen betydligt mer komplicerad, främst på grund av den biologiskt mångfacetterade råvaran. (Grönlund, 1992)

En av de problemställningar sågverksindustrin möter, till skillnad mot övrig tillverkande industri, är sågverkets starkt divergerande materialflöde. När sågverket sönderdelar timmerstocken kommer ett antal produkter falla ut, även produkter som inte primärt efterfrågas av företagets kunder. Dessa biprodukter är i första hand spån och flis, men kan även innefatta sidobrädor och vissa kvaliteter av centrumplankor. För att minska de icke önskvärda produkterna gäller det att sortera timret rätt från början.

## 1.6 Befintlig mätutrustning

Den mätutrustning som sågverket använder sig av är en 3D-mätram som mäter stockens yttre egenskaper i form av diameter, avsmalning, krök osv. Röntgenutrustningen mäter stockens inre egenskaper med avseende på bland annat densitet, kärnvedsandel, kvistvarvsvolym och kvistvarvsavstånd. Informationen från dessa mätsystem skickas sedan vidare till sorteringsstyrenhet i vilken sorteringsreglerna utarbetas. Röntgenutrustningen i detta fall består av ett system som mäter stockens inre egenskaper i två (2D) riktningar (Figur 3).

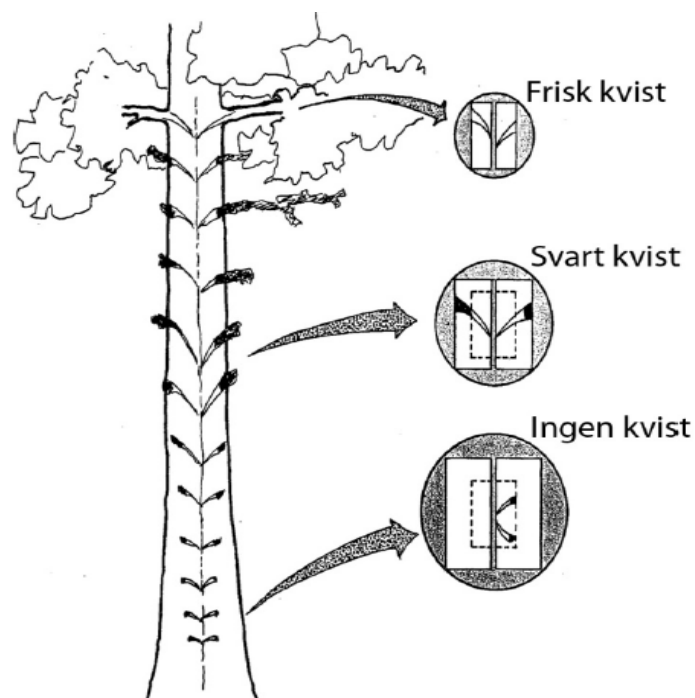


Figur 3. Principskiss över röntgenutrustningens två mättriaktningar.

Mätramen genomlyser stocken när den passerar utrustningen och visar stockens inre struktur. Resultatet av den inmätta stocken ger ett unikt identifikationsnummer och medföljande stockdata. Ur detta datamaterial går det att utläsa den inmätta stockens inre egenskaper i form av bland annat stocken kvistvolym, kvistvarvsavstånd och kärnvedsavsmalning. Utrustningen skapar även en tomografisk bild över stocken i vilken det går att utläsa stockens yttre form och inre egenskaper (se exempel i Bilaga 1).

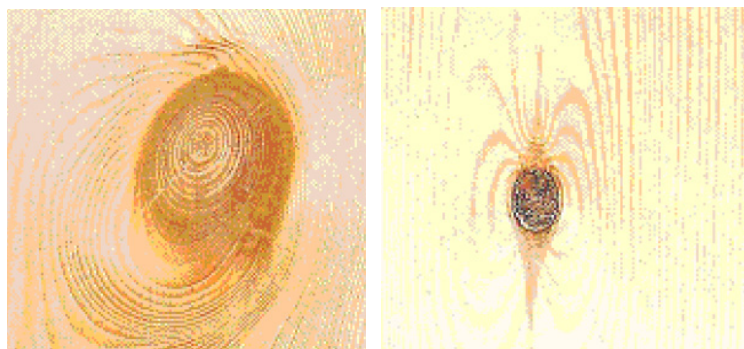
### 1.7 Kviststruktur

Trädets kviststruktur påverkar den sågade varans kvalitet och därmed sågtimrets nyttjande i stor grad. Det timmer som sorteras i sågverksindustrin idag delas ofta upp i rot- respektive mellan/toppstockar med hjälp av en 3D-mätram. Detta görs eftersom det redan vid denna särskiljning råder olika förutsättningar för den sågade varans kvistkvalitet. Tallen bildar varje år ett tydligt grenvarv medan granen inte har samma tydliga kvistvarvsfördelning med kvistar även mellan grenvarven. Det finns flera olika typer av kvistar i ett träd varav frisk kvist, torr kvist, svart kvist, sprötkvist och barkdragande kvist är de vanligt förekommande. De olika formerna av kvistar har avvikande densitet, fiberlängd och fukthalt mot omgärdande ved. Typen av kvist har stor verkan på klassningen av timmer. Den faktor som påverkar mest hur kviststrukturen ser ut är trädets omgivande miljö. Har trädet vuxit upp på en växtplats med god näringstillgång och kunnat växa fritt utan konkurrens av omgivande träd har trädet stora grenar ända ner till marknivå. Har trädet däremot växt upp med stark konkurrens kommer stammen att vara kvistrensad med en högt uppsatt grönkrona. (Nylinder och Fryk, 2011) Figur 4 visar en principskiss över kviststrukturen hos en tall.



Figur 4. Kviststrukturen i en tall från rotstock till toppstock. (Nylinder et al. 1995).

De friska kvistarna återfinns främst i de övre delarna av trädstammen medan de torra och svarta kvistarna förekommer i nedre delarna. En friskkvist definieras som en kvist där växtsambandet med omgivande ved på något ställe är intakt. En form av torrkvist är svartkvist. Figur 5 visar frisk- respektive svartkvist. Den förekommer främst i tall och då i synnerhet i bestånd på magra marker i höjdlägen. Svartkvist är vanligast i rotstockar och sträcker sig från mantelytan in i stocken. (Nylinder och Fryk, 2011)



Figur 5. Frisk, respektive svart kvist (Nordiskt trä 1994).

## 1.8 Handelssortering av trävaror

För att uppnå en effektiv och säker kommunikation mellan sågverken och dess kunder har det utarbetats en gemensam terminologi och mätmetodik. Detaljerna i sorteringsreglerna, de olika särdrag som definieras, skapar tillsammans med de krav som ställs, möjligheter att kvalitetsbestämma produkterna. De olika särdragen definieras utifrån produktens användningsområde. En kvist kan i en produkt vara kvalitetsnedsättande då kvisten minskar hållfastheten (friskkvist), men i en produkt som inte har hållfasthet som primära uppgift, kan kvisten verka som kvalitetshöjande i avseende på estetik. De kvalitetsklasser som används idag har sitt ursprung från *Gröna boken*. Tabell 1 visar en jämförelse mellan den äldre kvalitetsbestämningen och rådande terminologi. (Träguiden, 2012b)

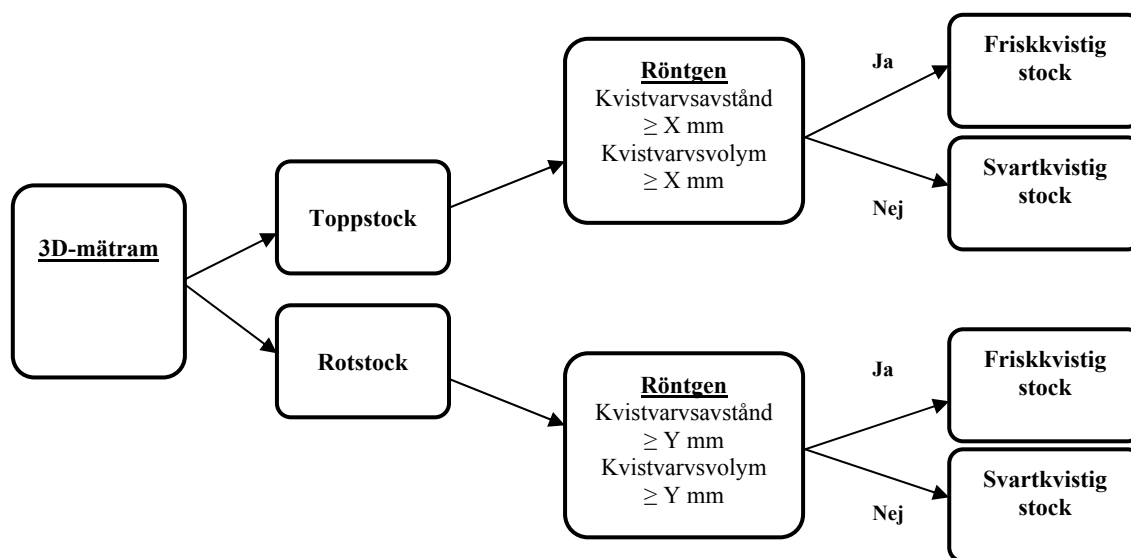
Tabell 1. Förhållandena mellan de olika kvalitetsklasserna i den nordiska sorteringsöverenskommelsen, "Nordiskt trä" och den äldre "Gröna boken" (Träguiden, 2012b)

"Gröna boken" (1960)	O/S				Kvinta	Utskott	Vrak
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Nordisk Trä (1994)			A		B	C	D
	A1	A2	A3	A4			

### 1.8.1 Sorteringsregler

I timmersorteringens 3D-mätram och 2D-röntgenram använder sågverket olika sorteringsregler för de olika timmerklasserna. När stocken är klassad som rot- eller toppstock av 3D-mätramen, styr de inre egenskaperna via röntgenutrustningen, om stocken kommer att klassas som frisk- eller svartkvistig. Dessa sorteringsregler, gränsvärden, sätts i mätutrustningens styrsystem som i sin tur avgör i vilken klass respektive stock hamnar i. Förutom att dela upp klasserna frisk- och svartkvistiga kvaliteter, görs det även uppdelning i andra kvalitetsklasser som t.ex. kräver stor kärnvedsandel eller stor andel kvistfritt virke.

I den nuvarande sorteringsstrategin utgör i första hand kvistvarvsvolymen den avgörande sorteringsparametern, men även kvistvarvsavståndet inverkar. Eftersom sannolikheten att en rotstock skall vara friskkvistig efter sönderdelning är lägre än för en toppstock, sätts det också högre krav i röntgenutrustningen för rotstockar att klassas som detta. Figur 6 visar en flödesmodell över nuvarande sorteringsregler där gränsvärdet i röntgenutrustningen styr vilken klassning stocken får. Eftersom delar av studien är konfidentiella visar figuren X och Y istället för de faktiska gränsvärdena.



Figur 6. Flödesmodell över rådande sorteringsstrategi.

### 1.9 Tidigare studier

Det är framförallt under de senaste två decennierna som forskning gjorts inom timmersorteringens möjligheter att nyttja både 3D-mätram och röntgenutrustning. De tidiga studierna utförda vid Sveriges lantbruksuniversitet av Nylinder et al. (1988, 1990, 1995) visade att genom 2D- och 3D-mätram gick det att med relativt god säkerhet förutsäga om

stocken var en rot- eller toppstock. Studierna visade även skillnad i stocktypens kvistkvalitet i avseende på om det var frisk- eller svartkvist i stocken. Genom att mäta avsmalning och bulighet visade studien på ett positivt samband mellan stockarnas bulighet och andel frisk kvist (Nylinder, 1995).

En studie av Oja et al. (2004) visade att genom att kombinera de befintliga 3D-mätramarna med röntgenteknik går det att ytterligare förbättra precisionen i timmersorteringen. 135 stockar analyserades i tre olika diameterklasser. Även om 100 % av stockarna blev rätt sorterade blev utfallet av korrekt graderade plankor sämre. Att utfallet plankor blev sämre beror på att en stock kan innehålla ett centrumutbyte bestående av olika plankkvaliteter. Studien använde sig av en statistisk modell som genom sannolikheter bedömde om timmerstocken skulle kunna producera hög- respektive lågkvalitativa plankor. Studiens resultat visade att ett krav på hög sannolikhet för högsta kvalitet gav ett lågt volymsutfall men med en hög andel stockar rätt sorterade. Det motsatta förhållandet gällde när det ställdes lägre kvalitetskrav. Resultatet visade att när stockarna automatiskt klassades med en 3D-mätram blev 57 % av plankorna rätt klassade och genom att kombinera mätteknikerna blev 66 % plankorna rätt klassade. Studien slår fast att en sortering baserad på röntgenmätning kombinerat med 3D-mätram ger en högre träffsäkerhet i timmersortering jämfört med en timmersortering som enbart baseras på yttre form, 3D-mätram. (Oja et al. 2004)

Skog et al. (2010) visar i en tidigare publicerad utredning att det är möjligt att på stocknivå sortera med en noggrannhet jämförbar med automatsortering av sågat virke med en FinScan-utrustning. Studien visar på ett antal parametrar som kan användas i kombinerade mätmetoder för att finna vägar mot en mer precis timmersortering. Resultatet med avseende på kvistkvalitet (O/S, V, friskkvist), visar att för klenare timmer ger 3D-mätramen god information om stockens kvistegenskaper, men för grövre timmer, tillför röntgenmätramen mer (Tabell 2).

*Tabell 2. Utsortering av stockar med OS-kvalitet genom en PLS (Partial least square)-kombination av de parametrar som beräknats av 3D- och röntgenmätramarna samt enbart av 3D-mätramen. Utfallet förbättrades genom kombinationen av 3D och röntgen, i synnerhet för de grövre dimensionerna (Skog et al. 2010)*

Sortering	Indata	Andel utan sortering	Korrekt utvalt	Andel av möjligt	Andel stockar med minst en plank rätt
<b>OS</b>	3D + X-ray	36 %	68 %	68 %	90 %
<b>50x100</b>	3D	36 %	65 %	68 %	89 %
<b>OS</b>	3D + X-ray	41 %	67 %	76 %	90 %
<b>50x150</b>	3D	41 %	59 %	67 %	83 %
<b>OS</b>	3D + X-ray	38 %	74 %	64 %	96 %
<b>63x200</b>	3D	38 %	59 %	31 %	85 %

Rapporten visar också att användandet av röntgenmätram ger högre noggrannhet än 3D-mätram och kombinationen av de båda metoderna ger ytterligare förhöjd precision. Studien visar att det finns en stor förbättringspotential för sågverk som redan använder sig av 3D-mätram samt röntgenutrustning.

## 2 Teori

### 2.1 Effektiviseringsarbete

För att företag skall motiveras att investera och effektivisera industrins processverktyg krävs utredningar av de konkreta effekterna av dessa ansträngningar. För att identifiera de möjligheter som finns använder sig studien av begreppet – kvalitetsbristkostnader. De brister som uppstår i timmersorteringens sorteringsprecision medför kvalitetsbristkostnader i form av minskade intäkter. Kvalitetsbrister påverkar företagets intäkter och kostnader vilket påverkar företagets totala lönsamhet (Sörqvist, 2001). Kvalitetsbristkostnader definieras som *”kostnader som skulle försvinna om ett företags produkter och processer vore fullkomliga”* (Juran, 1989). Denna definition menar Sörqvist (2001) fokuserar enbart på kostnader som uppstår av bristfällig kvalitet. I praktiken och i ett framgångsrikt förbättringsarbete är det inte kostnaderna som skall minimeras utan lönsamheten som ska maximeras. Därför måste även de tillgångar och intäkter som berörs av nivån på kvaliteten uppmärksammas.

Grönlund (1992) visar att kvalitetsbristkostnaderna för ett sågverk ligger mellan 10-20 % av sågverkets totala kostnader. De största kvalitetsbristerna uppstår i:

- Råvaruhanteringen
- Produktiviteten
- Råvaruutnyttjandet
- Virkeshanteringen
- Virkessorteringen
- Administrationen

Dessa kostnader uppkommer i stora delar inom sågverket. Genom att skaffa kunskap om var de uppstår och försöka fatta rätt beslut från början kan kostnaderna minskas. Inom sågverksindustrin inkluderar kvalitetsbegreppet trävarornas förmåga att tillfredsställa kund samt sågverkets produktivitet i tillverkningsprocessen. För ett sågverk är råvarukvaliteten av stor betydelse och det finns ett antal faktorer som avgör kvaliteten varav exempelvis röta, krokighet och tjurved är några. För den ekonomiska aspekten har däremot kviststrukturen den största betydelsen. Det är förutom antal och storlek på kvistarna även starkt avgörande om det är en frisk- eller svartkvist eftersom en majoritet av de stockar som sorteras vid de svenska sågverken sorteras efter dessa egenskaper. (Grönlund 1992)

En ökad konkurrens ställer höga krav avseende företagets effektivitet och kvalitet för att företaget på sikt skall överleva. Effektiviteten i processerna beror på utrustningen, metoderna, materialet och människorna. För att kunna höja effektiviteten undersöks vilken input det finns i processerna och problemen som förhindrar en maximal output identifieras och elimineras. (Ljungberg, 2001)

Det finns ett antal tillvägagångssätt och verktyg för att identifiera och visualisera de kvalitetsproblem och förbättringsmöjligheter ett företag kan tänkas stå inför. Nedan beskrivs de för studien aktuella angreppssätten att hantera de kvalitetsbrister som uppkommer.

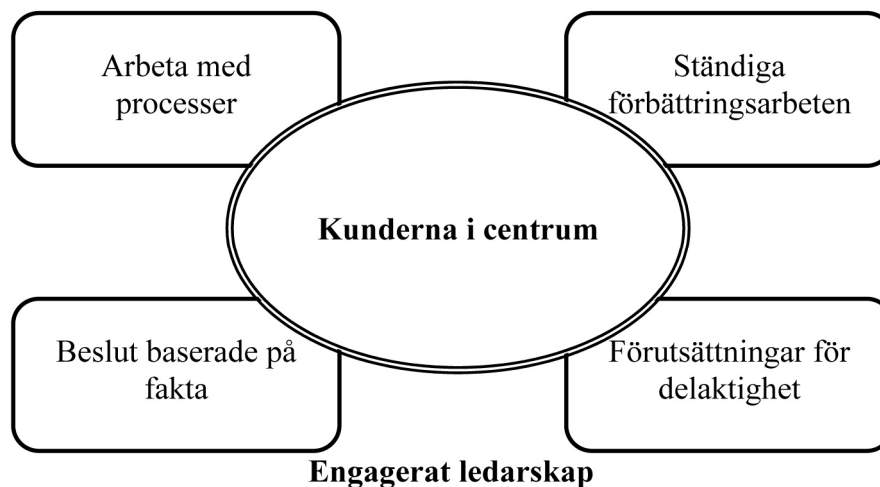
#### 2.1.1 TQM

Traditionellt sett har kvalitetsarbete grundat sig i ett produktorienterat synsätt vilket idag övergått mot ett synsätt som innefattar alla företagets interna processer och funktioner. Begreppet TQM (Total Quality Management) benämns i svensk litteratur som total kvalitet



(Sörqvist, 2001). Totalkvalitet syftar till att aktivt förbättra, förändra och förebygga brister i verksamhetens alla interna processer och funktioner. Bergman och Klefsjö (2007) menar att företagets fokus skall vara på kundens behov. Företagets överordnade mål bör vara att tillgodose dessa behov. För att tillgodose dessa behov måste företaget kontinuerligt arbeta med förbättringar, det existerar inte en optimal kvalitetsnivå, ständiga förbättringar är nödvändiga. Bergman och Klefsjö (2007) beskriver TQM enligt följande: *"man strävar ständigt efter att uppfylla, och helst överträffa, kundernas behov och förväntningar till lägsta kostnad genom ett kontinuerligt förbättringsarbete där alla är engagerade och har fokus på organisationens processer."*

TQM bygger på ett antal värderingar som fungerar som hörnstenar (Figur 7). Dessa hörnstenar bygger på att sätta kunden i centrum, ständigt arbeta med förbättringar, skapa förutsättningar för delaktighet, arbeta med processer, ledningens stöd och att beslut baseras på fakta.



Figur 7. Principerna i TQM och dess byggstenar. (Bergman och Klefsjö, 2007)

De beslut som baseras på fakta stöds av en rad olika verktyg. Exempel på sådana verktyg är styrdiagram, histogram, orsak-verkan diagram och sambandsdiagram. (Bergman och Klefsjö, 2007)

Ett kvalitetsförbättringsarbete måste föregås av ett grundligt beslutsunderlag. Innan en sådan datainsamling inleds bör syftet definieras så att datamaterialet motsvarar dess syfte. De frågeställningar som underlättar identifieringen av syftet beskrivs av Bergman och Klefsjö (2007):

- Vilket är kvalitetsproblemet?
- Vilka fakta behövs för att visa problemet?

Grönlund (1992) beskriver ett sågverks arbete utifrån teorierna kring TQM följande: *"Rätt träbit på rätt plats till lägsta möjliga kostnad."*

### 2.1.2 Lean Production

Lean Production härstammar från 1950-talet och den Japanska bilindustrin. Grundidén är en produktionsfilosofi som integrerar de olika processerna och funktionerna för att uppnå produktion med en hög kvalitetsnivå. Denna höga kvalitetsnivå skall uppnås med ett minimalt resursutnyttjande. Resurserna i denna bemärkelse kan vara råvarulager, produkter i arbete, personal och färdiga produkter. Stor fokus inom denna produktionsfilosofi är reduktionen av resursslöseri, att eliminera de icke värdeskapande aktiviteterna. Syftet med Lean Production är

att få mer värde för mindre arbete. Blücher och Öjmertz (2008) menar att den stora förbättringspotentialen ofta finns i de icke värdeskapande delarna istället för de värdeskapande delarna som oftast är i fokus. Vidare menar författarna att Lean Production är en mer flexibel produktionsfilosofi än traditionell massproduktion och klarar av större variationer, har kortare ledtider och en större strävan efter kundorderstyrd produktion. Detta uppnås genom det kontinuerliga arbetet med att minska resursslöseriet.

## **2.2 Produktionsekonomi**

En jämförelse av intäkter och kostnader, kalkyler, är nödvändig i alla företags verksamheter och sammanhang. En kalkyl hjälper företaget att fatta beslut om bland annat priser på produkter, inköp, produktionsvolym och nyinvesteringar. Kalkylering bidrar till en prövning av för- och nackdelar av olika beslut och kan på så sätt bidra till företagets lönsamhet. Studiens kalkyleringsavsnitt avser att beräkna och visa de ekonomiska konsekvenserna av en förbättrad precision i timmersorteringen. En kalkyl kan utföras på en mängd olika sätt med ett flertal olika utgångspunkter. Alnestig och Segerstedt (2008) menar att *”produktkalkylering är en rutin som måste anpassas efter syfte, förväntningar och handlingssituation.”* Produktkalkylen är företagets viktigaste hjälpmedel för att bedöma om enskilda produkter och produktslag matchar marknadens krav och företagets resurser. En kalkyl har som mål att skapa en korrekt bild av verkligheten. Kalkylens förmåga att skapa denna bild bestäms av validiteten i den använda kalkylmodellen samt de data kalkylen bygger på. (Alnestig och Segerstedt 2008)

Vid lönsamhetsberäkningar inom produktionsekonomi är kostnaderna viktiga att hantera. De olika kostnadsslagen har en central funktion och är för kalkyländamålet viktiga att bestämma. Nedan presenteras de centrala begreppen för studiens kalkyleringsmetodik.

### **2.2.1 Rörliga och fasta kostnader**

Ofta delas företagets kostnader upp i fasta och rörliga kostnader. De fasta kostnaderna är oförändrade vid ändringar i den tillverkande volymen. En fast kostnad som är oberoende av tillverkningsvolym är exempelvis kostnaden för lokal. De rörliga kostnaderna är volymberoende, om volymen ökar så ökar den rörliga kostnaden och om volymen minskar så minskar också den rörliga kostnaden. Rörliga kostnader kan delas upp i degressiva samt progressiva rörliga kostnader. En degressivt rörlig kostnad minskar i förhållande till produktionsvolym, t.ex. genom att köpa in stora mängder råvara kan den rörliga kostnaden minskas genom kvantitetsrabatter. Progressivt rörliga kostnader ökar med produktionsvolymen och kan gälla kostnader för t.ex. övertidsersättning. (Alnestig och Segerstedt 2008)

Beroende på kalkylens uppbyggnad och tidshorisont menar Bergstrand (2003) att även fasta kostnader kan ses som rörliga. Eftersom en fast kostnad är beslutsberoende och därmed kan förändras, bör även denna kostnad ses som rörlig i ett längre perspektiv.

### **2.2.2 Särkostnader och samkostnader**

Att dela in kostnaderna efter dess sammanhang med ett beslut, genomförs via en uppdelning i sär- och samkostnader. Kostnader som är direkt beroende av ett beslut, t.ex. beslutet att tillverka en produkt eller öka produktionsvolymen kallas för särkostnader. En kostnad som saknar detta samband kallas samkostnad. En särkostnad kan både vara en rörlig och fast kostnad. Direkt material för en viss produkt är en särkostnad och en rörlig kostnad. Avskrivningar och räntor för en fast kostnad, maskin eller lokal, är en särkostnad om resursen

utnyttjas för en specifik produkt. Om resursen nyttjas av ett flertal produkter ses kostnaden som en fast samkostnad och belastar alla produkter. (Alnestig och Segerstedt 2008)

För att visa de effektiviseringsvinster som uppstår, baseras studiens kalkyleringsavsnitt på en beräkning av de ekonomiska konsekvenserna med hjälp av både särkostnader och vissa fördelade samkostnader. Detta har gjorts för att visa vilket ekonomiskt bidrag en förbättrad timmersortering medför. De gemensamma kostnaderna för företagsledning, administration etc. är således inte inkluderade i kalkylmodellen.

### **2.2.3 Direkta och indirekta kostnader**

Direkta kostnader är kostnader som hänförs direkt till kalkylobjektet och består ofta av material eller löner som påverkar den specifika produkten. Direkta kostnader är ofta en approximation av särkostnader eller rörliga kostnader. Indirekta kostnader benämns ofta som omkostnader eller samkostnader och kan vara svåra att föreskriva ett kalkylobjekt. Dessa kostnader i form av kostnader för företagsledning, administration eller försäljning fördelas istället på de produkter företaget tillverkar. Denna fördelning sker ofta genom procentuella samband mellan direkta och indirekta kostnader. En produkt som har en hög andel direkta kostnader kommer således belastas med en högre andel indirekta kostnader. (Bergstand, 2010)

De kostnader som utgör underlag för kalkylen är de produktionskostnader som belastar sågverkets produkter. Dessa kostnader består av direkta och indirekta kostnader i timmersorteringen, såglinje, torkar och justerverk. Intäkterna baseras på försäljningspriset för de kvaliteter och produktvolymen den utarbetade sorteringsmodellen ger.

### **2.2.4 Kalkylmetoder**

De två metoderna som ofta används vid kalkylering brukar benämnas fullständig och ofullständig kostnadsfördelning. En fullständig kalkyl innebär att alla kostnader "tills produkten är levererad och betald" fördelas på kalkylobjektet och utförs vanligen genom självkostnadskalkylering eller en aktivitetsbaserad kalkylering. De principer som används för att utföra en kalkyl som så nära som möjligt återspeglar verkligheten bygger på att kalkylen endast skall innefatta de intäkter och kostnader som påverkas av beslutet. (Olsson, 1998)

Kalkylobjektet som valts är andelen råvaruvolym som faller ut i timmerklass 1850 i timmersorteringen. Detta objekt har valts för att visa de förändringar det framarbetade sorteringsförslaget har för effekt på både frisk- och svartkvistig kvalitet, då en mer precis sortering i timmerklassen 1850FRK naturligt medför en mer precis sortering i timmerklassen 1850SVK.

### **2.2.5 Bidragskalkyl**

Bidragskalkylen används i första hand när marknadspriset är känt eller kan bedömas av företagets säljare (Bergstand, 2010). De kostnader som skulle bortfalla om en viss produkt inte tillverkades utgör särkostnaden för denna produkt. Motsatsförhållandet gäller de kostnader som tillkommer om en produkt tas upp i tillverkningen. Skillnaden mellan de intäkter produkten inbringar och dess särkostnader benämns som täckningsbidrag. På detta sätt kan bidragskalkylen visa hur stort täckningsbidraget är för att täcka företagets fasta kostnader (Alnestig och Segerstedt, 2008).

Genom att inkludera samkostnader i kalkylen approximeras alternativkostnaden (som härstammar från förändring i användning av maskinresurser) med fördelade samkostnader.

Olsson et al.(1994) beskriver alternativkostnaden som vad företaget går miste om, om den kalkylerade åtgärden inte genomförs.

#### Tvåstegs bidragskalkyl

Många kostnader är orsakade av ett visst produktslag men varierar inte med antalet producerade enheter. Dessa fasta särkostnader motiverar kalkylen att innehålla två steg. I det första steget beräknas produktens intäkter och dess särkostnader per producerad enhet. Det andra steget inkluderar även produktslagets fasta särkostnader vilka fördelas på antal producerande enheter. På detta sätt åskådliggörs alla de specifika kostnaderna som härrör produkten. (Alnestig och Segerstedt, 2008)

#### **2.2.6 Självkostnadskalkyl**

Metoden bygger på att varje produkt skall bära sin del av de kostnader produkten står för. Resultatet av denna kalkyl är produktens intäkt minus dess självkostnad, där självkostnaden är särkostnaden samt en fördelad samkostnad. Denna fördelning sker efter tidsåtgång i produktionen, värdeandel eller någon annan form av fördelningsnyckel. Tillskillnad från bidragskalkylen, är det i denna metod även inkluderat de samkostnader bidragskalkylen avser täcka (Alnestig och Segerstedt, 2008). Att utföra denna kostnadsfördelning kan vara svår och missvisande. Kostnaderna för exempelvis forskning och utveckling har inget att göra med nuvarande produktion och att belasta produkterna med en sådan kostnads massa kan ge missvisande resultat (Bergstrand, 2010).

#### **2.2.7 ABC-kalkyl**

En aktivitetsbaserad kalkylering, ABC, uppkom som komplement till de mer traditionella kalkylmetoderna som ansetts vara alltför schablonmässiga (Alnestig och Segerstedt, 2008). I en ABC-kalkyl urskiljs i första hand de direkta kostnaderna i form av material och lön som brukligt i en självkostnadskalkyl. Därefter granskas de befintliga samkostnaderna och grupperas i ett antal olika aktiviteter. För dessa aktiviteter identifieras vilka kostnadsdrivande faktorer som påverkar kostnaden i respektive aktivitet. Kostnadsdrivande faktorerna mäter hur mycket av varje aktivitet som förbrukas av kalkylobjektet. Summan av kalkylobjektets konsumtion av aktiviteter utgör kalkylobjektets kostnad. (Bergstrand, 2010)

### **2.3 Kvalitetsparametrar**

Som tidigare beskrivits (avsnitt 1.7) bildas de svarta kvistarna när kvisten dör och övervallas. Därför är kvistarnas volym intressant att studera, då en svartkvist bör ha en mindre volym än en frisk kvist. Även årsringsbredd, kärnvedsandel/avsmalning, stockdensitet, andel kvistfri yta, antal kvistvarv, kvistvarvsavstånd samt ett antal olika mått på stockens yttre form är av intresse för att beskriva stockens kviststruktur. Då det står fast att en toppstock besitter högre sannolikhet att vara friskkvistig så är stockens densitet, årsringsbredd och kärnvedsavsmalning speciellt intressant att analysera för att utläsa skillnader mellan topp- och rotstockar. Även kvistvarvsvolym och kvistvarvsavstånd är intressanta studera i den aspekten. Kärnvedsavsmalningen samt årsringsbredden tenderar att vara högre längre upp i stocken. Densitet har motsatta förhållandet, med en lägre densitet högre upp i stammen (Nylinder, M., pers. medd., 2012).

## 3 Metod

### 3.1 Undersökningsdesign och metodval

En vetenskaplig rapport utformas vanligen som en kvantitativ, kvalitativ studie eller som en kombination av de båda forskningsansatserna. Den kvantitativa forskningen har en deduktiv inriktning vilken utgår från att pröva teorin mot det observerade datamaterialet. En kvalitativ ansats är induktiv och har ofta i syfte att generera teori utifrån tolkningar av det insamlade datamaterialet. En kvantitativ ansats handlar om att mäta och kvantifiera, medan en kvalitativ ansats lägger en större tyngd på ord istället för siffror. (Bryman och Bell, 2005)

Denna studie grundar sig i en kvantitativ ansats med inslag av kvalitativa element. Studien baseras på kvantifierbara mätningar och simuleringar tillsammans med empiriska data. Undersökningsdesignen som använts i denna studie är av experimentell karaktär där den oberoende variabeln manipuleras för att avgöra i vilken utsträckning den påverkar den beroende variabeln. När det gäller kausala slutsatser, vilka behandlar orsak – verkan, kan experimentella undersökningar ofta skapa stark validitet och tillförlitlighet. (Bryman och Bell, 2005)

Studiens grundar sig på tidigare beprövad metodik (Björklund et al. 2003; Oja et al. 2004; Skog et al. 2010) som visats sig fungera väl när denna typ av problemställning angrips.

#### 3.1.1 Validitet och reliabilitet

Reliabilitet handlar om huruvida resultaten från undersökningen blir desamma vid upprepning, eller om de påverkas av slumpen eller tillfälliga förutsättningar. Reliabilitet är oftast aktuellt när en kvantitativ forskningsansats används, då det handlar om hur stabilt ett mått är. Stabilitet i mätningen avgörs av hur väl resultaten överensstämmer om undersökningen replikeras.

Validitet går ut på att bedöma om de genererade slutsatserna från undersökningen hänger ihop eller inte. Det handlar om att utifrån de indikatorer som använts för resultatet, avgöra om dessa avspeglar det faktiska syftet med undersökningen.

Denna studie använder sig av välkända och erkända begrepp vilka genom forskare och andra kunniga inom området är väl analyserade. Genom att utföra ett flertal mätningar med ett relativt stort urval avser författaren generera en hög grad reliabilitet och validitet via resultat och slutsatser. (Bryman och Bell, 2005)

### 3.2 Datainsamling

Datainsamlingen har främst skett via kvantitativ primärdata som insamlats genom provsågningar. De sekundärdata som använts i studien är det data som ligger till underlag för de ekonomiska kalkylerna i form av prislistor, utfall av produkter och sågad volym. Det kvalitativa datamaterialet insamlades genom ostrukturerade intervjuer med produkt och kvalitetsansvariga på sågverket. Ostrukturerade intervjuer är en intervjuform där intervjuaren brukar teman eller frågeställningar som behandlas under förhållandevis informella samtal (Bryman och Bell, 2005) Sekundärdata skiljer sig från primärdata genom att datamaterialet som analyserats ej samlats in av undersökaren utan istället hämtats från befintliga datakällor. Stockdata som samlats in är aktuella data som samlades in inför varje analystillfälle.

### **3.2.1 Urval**

I samråd med uppdragsgivaren beslutade att undersökningen skulle innefatta en timmerklass. Timmerklassen som valdes ut var 1850FRK. Ursprungligen var tanken att ett flertal timmerklasser skulle undersökas, men eftersom provsågningar är tidskrävande och produktivitetsnedsättande begränsades studiens omfång. Eftersom det i ett tillverkande industri är ett kontinuerligt inflöde av råvara är det omöjligt att studera hela populationen. Detta har resulterat i bekvämlighets urval av stockar ur de studerade timmerklasserna. Ett bekvämlighetsurval kan sägas utgöra ett subjektivt urval som görs med syfte att de studerade objekten skall vara så lätta som möjligt att få tag i (Bryman och Bell, 2005). Urvalet i studien utgörs av 101 rot- respektive 117 toppstockar.

### **3.2.2 Timmersortering**

För att få fram data för timmerklassen sorterades det fram, utifrån yttre form, 101 stockar av rot- samt 117 toppstockar ur den aktuella timmerklassen. Denna sortering gjordes av befintlig 3D-mätram och utfördes vid ett tillfälle. När sorteringen var gjord numrerades respektive stock. Efter att stockarna numrerats transporterades stockarna ännu en gång genom timmersorteringen för att kunna koppla röntgendata till respektive stock. Stockarna protokollfördes på sin väg genom mätutrustningen och kunde på så sätt kopplas till respektive röntgendata. Med denna uppdelning i topp- och rotstockar, kan resultatet komma att beskriva olika sorteringsstrategier för vardera stocktypen.

### **3.2.3 Provsågning**

Efter timmersorteringen var gjord kunde sönderdelningen ta vid. En provsågning genomfördes och när timmerklassen i fråga skulle sågas i produktionen utgjorde de utsorterade stockarna de första och sista stockarna som matades igenom timmerintaget. Detta för att särskilja vilken stocktyp som sågades. För att kunna följa stockens väg genom såglinjen protokollfördes i vilken ordning stockarna passerade sågintaget. Efter stockens sönderdelning kommer centrumutbytet ut i råsorteringen. I råsorteringen kvalitetsklassas centrumutbytet genom en FinScan-utrustning. Denna klassning görs efter förinställda krav på friskvistik referenskvalitet. Eftersom stockarnas väg genom såglinjen protokollfördes var det möjligt att koppla kvalitetsutfallet i råsorteringen till protokollförd stock. Utfallet av sågningen resulterade i ett centrumutbyte som bestod av två plankor och båda plankorna måste vara godkända i råsorteringen för att stocken skulle klassas som friskkvistik.

### **3.2.4 Bortfall**

I den första provsågningen sorterades 97 rotstockar ut av tilltänkta 101 rotstockar. Bortfallet av fyra stockar förklaras av tekniska problem i timmersorteringen, vilket ledde till att det med anledning av tidsbrist inte var möjligt att invänta reparation. I timmersorteringen tappades en av toppstockarna då 3D-mätramen ej kunde klassa stocken korrekt. I sågintaget tappades en toppstock som 3D-mätramen klassade som felaktig diameter för aktuell sågning. Datainsamlingen efter första provsågningen innehöll, efter bortfallet, 97 rotstockar och 115 toppstockar. De stockar som föll bort under datainsamlingen resulterar således också i ett motsvarande bortfall av dess centrumutbyte. Av det förväntade utfallet på 436 centrumplankor föll det i studien ut 424 centrumplankor. Bortfallet bedöms ej påverka studiens resultat nämnvärt, då det statistiska underlaget marginellt minskats. De stockar som föll bort under studien kontrollerades och protokollfördes.

### 3.3 Databearbetning

Utfallet från råsorteringen jämfördes mot de sågade stockarnas yttre och inre egenskaper. Om centrumutbytet från den sågade stocken godkändes mot den friskkvistiga referenskvaliteten klassades stocken som friskkvistig. Samtliga stockar kontrollerades mot referenskvaliteten och respektive stocks ingående data analyserades. Denna analys syftar till att avgöra vilka inre egenskaper som medför en godkänd stock i råsorteringen. De inre kvalitetsparametrarna som analyserats återfinns i Bilaga 2.

Eftersom syftet är att genom statistiska samband arbeta fram en förbättrad sorteringsmodell ingår ett flertal parametrar i analysen. För att göra analysen användes logistisk regression. Programvaran som användes i studien var SPSS, vilket är ett dataprogram avsett för data- och prediktivanalys (IBM, 2012). Eftersom uppdelningen av rot- och toppstockar sker innan röntgenmätningen genomfördes en multivariat dataanalys på respektive stocktyp. Detta resulterade i ett sorteringsförslag för rotstockar och ett sorteringsförslag för toppstockar. Det resulterande sorteringsförslaget och kvalitetsutfallet presenteras i föreliggande rapport för den provsågade timmerklassen 1850FRK. Sorteringsförslagets resultat approximeras gälla för timmerklassen 1850SVK i avseendet att en mer träffsäker timmersortering i timmerklassen 1850FRK ger en mer träffsäker timmersortering i timmerklassen 1850SVK. Denna approximation görs eftersom timmerklassen 1850 delas i två klasser. En förbättrad timmersortering avseende friskkvistiga timmerklassen ger då en mer precis timmersortering i den svartkvistiga timmerklassen.

#### 3.3.1 Logistisk regression

I den här studien är den beroende variabeln kategorisk, dvs., är stocken friskkvistig eller inte? I en linjär regressionsanalys måste den beroende variabeln vara av typen kontinuerlig intervallskala. Logistisk regression, däremot, är särskilt lämpad för sortering i två klasser och den är mer robust i jämförelse med en linjär funktion då underliggande data innehåller mycket brus (Björklund et al, 2003). Detta medför att logistisk regressionsanalys valdes som metod utifrån studiens syfte.

Bjerling och Ohlsson (2010) menar att logistisk regression är en metod som är användbar genom att:

- I en binominal logistisk regression går det att arbeta med kvalitativa data, den beroende variabeln är binär.
- Eftersom den beroende variabeln är binär finns inga normalfördelningskrav, metoden kan hantera en snedfördelad datamängd.
- Relationen mellan de oberoende variablerna och den beroende variabeln behöver inte vara linjär, metoden fungerar på kurvlinjära samband.

En binominal logistisk regression räknar fram en predicerad sannolikhet att den kategoriska, beroende variabeln skall vara 1 eller 0. Den beroende variabeln är den naturliga logaritmen av ett odds. Oddset uttrycks som:

$$\text{Odds} = p/1-p$$

Formeln visar att sannolikheten för ett utfall divideras med dess motsats och uttrycks som odds. I den logistiska modellen betyder det att en stor sannolikhet kommer att motsvaras av ett

stort odds. Att sannolikheten uttrycks i odds medför att den övre gränsen avlägsnas, att oddsen är logaritmerade innebär att den nedre gränsen elimineras. Att logaritmera oddsen medför att ett kurvlinjärt samband blir linjärt.

Logistiska funktionen uttrycks genom formeln:

$$f(z) = \frac{e^z}{e^z + 1} = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

Funktionen resulterar, som sannolikheter, i ett utfall mellan 0 och 1. Där  $z$  är indata i funktionen och uttrycks som den naturliga logaritmen av ett odds, även kallad logiten, och erhålls genom:

$$z = \beta_0 + \beta_{1x_1} + \beta_{2x_2} + \beta_{3x_3} + \beta_{4x_4} + \dots + \beta_{kx_k}$$

Logiten erhålls via de logaritmerade ingående koefficienterna ( $\beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \dots + \beta_k$ ) tillsammans med de ingående, oberoende variablerna ( $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \dots + x_k$ ). Interceptet ( $\beta_0$ ) beskriver vilket värde  $z$  har då de ingående oberoende variablerna har värdet noll.

Urvalet för en logistisk regressionsanalys baseras på en mängd olika faktorer som kan vara vitt skilda beroende på vilken typ eller struktur analysens omfång har. (Bjerling och Ohlsson, 2010) avråder från ett urval med färre än 100 observationer och menar att ett urval på över 500 observationer anses betryggande. Det är emellertid modellens kovariatstruktur som avgör hur många observationer som fordras. Kovariatstrukturen kan beskrivas som analysmodellens komplexitet, dvs. antalet oberoende variabler och antalet värden hos dessa variabler. En tumregel som nämns är att: för respektive variabel eller konstant, bör det i varje fall vara inte mindre än tio observationer (Bjerling och Ohlsson, 2010). Genom att applicera den logistiska modellen på de ingående variablerna kommer utfallet av analysen visa en predicerad sannolikhet för respektive stock att vara frisk- eller svartkvistig. Denna predicerade sannolikheten kan vidare översättas till ett sorteringsförslag utifrån timrets yttre och inre egenskaper.



## 4 Resultat

### 4.1 Timmerfördelning

De 115 toppstockarna och 97 rotstockarna resulterade i 424 centrumplankor. Dessa centrumplankor prövades mot den friskkvistiga referenskvaliteten som användes som studiens målkvalitet. FinScan-utrustningen, i råsorteringen, godkände 88,7 % av toppstockarna samt 90,9 % av de rotstockar den framarbetade sorteringsmodellen föreslog. För att stocken skulle klassas som godkänd krävdes att stockens båda centrumplankor godkändes mot den friskkvista referenskvaliteten i råsorteringen. Detta jämförs med den nuvarande sorteringsregeln som gav 87,7 % godkända toppstockar respektive 72,2 % godkända rotstockar för de studerade stockarna. Genom att applicera rådande sorteringsregler på de framsorterade stockarna var det möjligt att utläsa vilka stockar som skulle ha sorterats ut som friskkvistiga i dagsläget. Tabell 3 visar de olika sorteringsstrategiernas utfall baserade på stock- och planknivå. Tabellen visar utfallet av de studerade stockarna vid olika val av sorteringsmetoder. Av de totalt 212 stockarna som ingick i studien illustrerar utfallet i tabellen hur många stockar och vilken precision, de olika sorteringsalternativen innehar

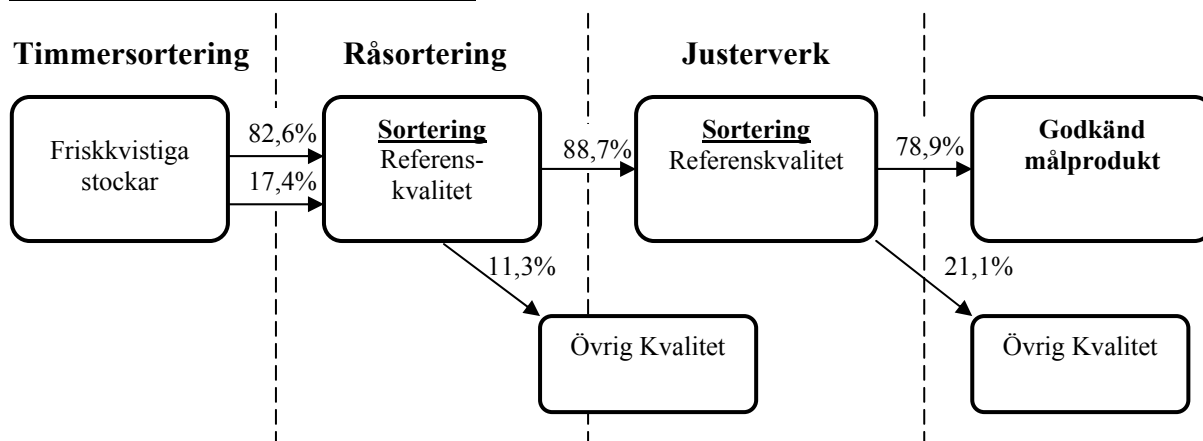
Tabell 3. Utfall baserat på val av sorteringsstrategi

	<b>Timmersortering</b> – stocknivå	<b>Råsortering</b> – planknivå
<b>Nuvarande sorteringsstrategi</b>		
Toppstockar - antal rätt sorterade	93	197
Toppstockar - antal felsorterade	13	15
<b>Andel korrekt sorterade</b>	<b>87,7%</b>	<b>92,9%</b>
Rotstockar - antal rätt sorterade	13	31
Rotstockar - antal felsorterade	5	5
<b>Andel korrekt sorterade</b>	<b>72,2%</b>	<b>86,1%</b>
<b>Summa</b>	<b>85,5%</b>	<b>91,9%</b>
<b>Framarbetad sorteringsmodell</b>		
Toppstockar - antal rätt sorterade	94	199
Toppstockar - antal felsorterade	12	13
<b>Andel korrekt sorterade</b>	<b>88,7%</b>	<b>93,9%</b>
Rotstockar - antal rätt sorterade	20	42
Rotstockar - antal felsorterade	2	2
<b>Andel korrekt sorterade</b>	<b>90,9%</b>	<b>95,5%</b>
<b>Summa</b>	<b>89,1%</b>	<b>94,1%</b>

## 4.2 Kvalitetsfördelning

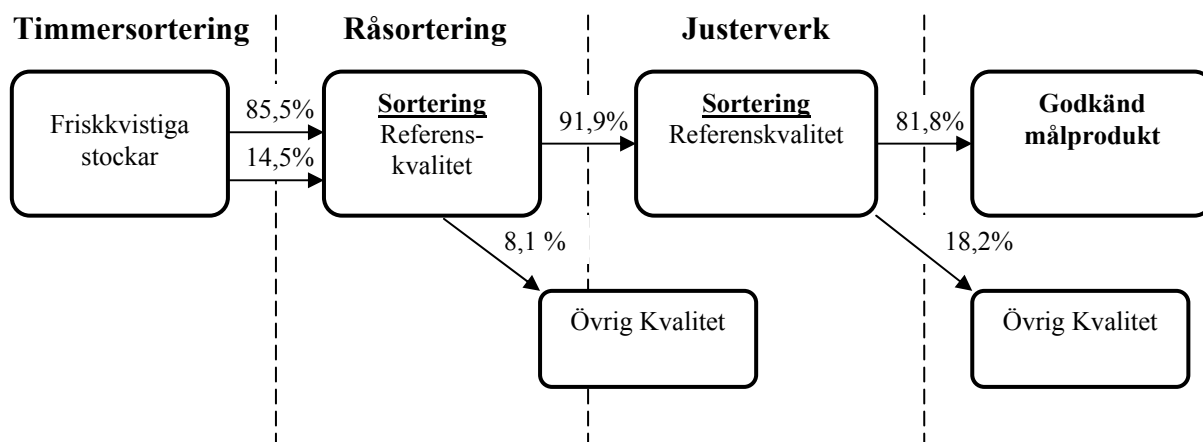
Genom en förbättrad precision i timmersorteringen uppnås en högre andel målqualität i råsorteringen. Att sortera fram toppstockar efter endast en 3D-mätram ger en sorteringsprecision i timmersorteringen på 82,6 % korrekt sorterade stockar (Figur 8). Nuvarande sorteringsstrategi presenteras i Figur 9. Den framarbetade sorteringsmodellens kvalitetsutfall presenteras i Figur 10. Andelen friskkvistiga stockar, den övre procentsatsen, från timmersorteringen representerar andelen korrekt sorterade stockar (stockar som har 2 friskkvistiga centrumplankor). I råsorteringen övergår sorteringen från stocknivå till planknivå. Att andelen är högre i råsorteringen beror på att somliga stockar som sorterats (den nedre procentsatsen från timmersorteringen) har en godkänd, samt en icke godkänd plank. Precisionen i timmersorteringen ökar med 4,2 % (85,5 % till 89,1 %) med införandet av sorteringsmodellen jämfört med nuvarande sortering, precisionen i råsortering ökar med 2,4 % (91,9 % till 94,1 %). I justerverket ökar utfallen volym för målprodukten med 2,4 % från 81,8 % till 83,8 % jämfört med nuvarande sorteringsregler.

### Sortering endast efter 3D-mätram



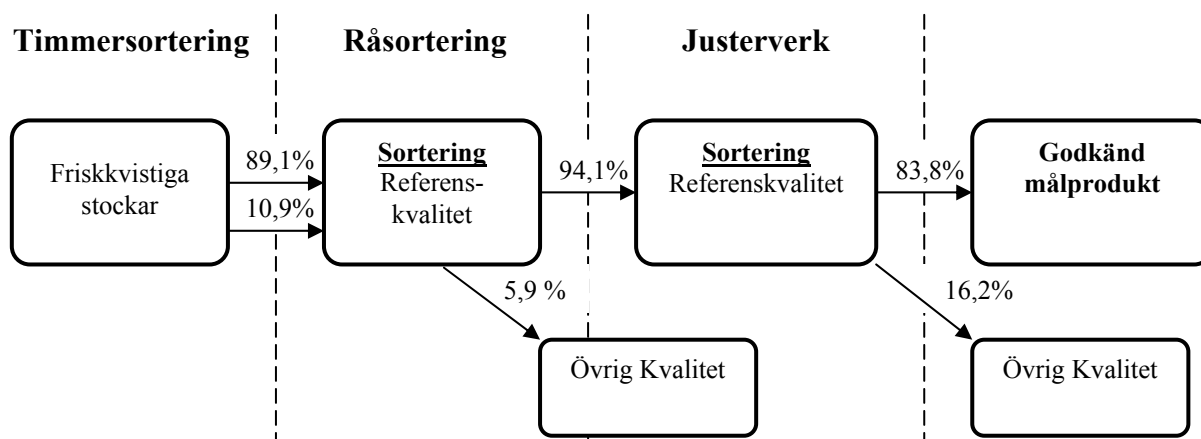
Figur 8. Kvalitetsutfallet av en sorteringsstrategi baserad på endast 3D-mätram. Andelen från timmersorteringen består av 82,6 % rätt klassade stockar samt 17,4 % fel klassade stockar.

### Nuvarande sorteringsstrategi



Figur 9. Kvalitetsutfallet av nuvarande sorteringsregler. Andelen från timmersorteringen består av 85,5 % rätt klassade stockar samt 14,5 % fel klassade stockar.

## Framarbetad sorteringsmodell



Figur 10. Kvalitetsutfallet av den framarbetade sorteringsmodellen. Andelen från timmersorteringen består av 89,1 % rätt klassade stockar samt 10,9 % fel klassade stockar.

### 4.3 Sorteringsmodell

Detta kapital har av sekretesskäl omarbetats och vissa avsnitt förblir dolda för läsaren.

Eftersom sorteringsmodellen utgår från redan framsorterade rot- och toppstockar med hjälp av yttre form (3D-mätram) utarbetades två olika sorteringsmodeller, en modell för vardera stocktypen. För att bedöma modellernas tillförlitlighet finns det ett antal test som utförs med hjälp av analysprogrammet SPSS. Om de oberoende variablerna har någon diskriminerande effekt, kommer den nya modellen bättre kunna förutse gruppstillhörighet (friskkvist eller svartkvist). Ett signifikant resultat i dessa test, indikerar att modellen passar sitt syfte. De parametrar som analyserats och som sorteringsmodellen bygger på presenteras i Bilaga 2.

#### 4.3.1 Toppstockar

Modellens prediktioner baseras på de ingående oberoende variablerna som presenteras i Tabell 4. Tabellen visar de ingående parametrarna samt konstanten. Sorteringsmodellen för toppstockar ges av X som tillsammans med Y påverkar utfallet positivt (koefficienter på 0,367 respektive 0,031), dvs. med ökad X och Y ökar sannolikheten för att stocken skall vara friskkvistig. Det går även att utläsa att variablerna är signifikanta i modellen. För att bedöma analysmodellens signifikans finns det ett antal test tillgängliga i SPSS. Hosmer och Lemeshow testet (Tabell 4) visar resultatet av  $\chi^2$ -testet som är 6,719 med 8 frihetsgrader (df) som motsvarar en signifikansnivå på 0,567. Signifikansnivån är större än 0,05 och visar att modellen ger värden som inte avviker mer än vad som kan förklaras av slumpen (Bjerling och Ohlsson, 2010). Andelen förklarad varians i modellen beskrivs med hjälp av två mått, Cox och Snells  $R^2$  samt Nagelkerkes  $R^2$ . Dessa metoder bygger på en jämförelse med ursprungsmodellen (modellen med enbart konstanten), och kan i viss mån jämföras med  $R^2$ -mättet i vanlig OLS (*Ordinary least square*)-regression. Det mått som anses vara mest relevant är Nagelkerkes  $R^2$  och beskrivs av Djurfelt & Barmark (2009) som: "det mått som är mest analogt med determinationskoefficienten  $R^2$  i vanlig OLS-regression".

Tabell 4. Logistisk regressionsanalys - utfallet av friskkvistig råvara ur toppstockar, efter X och Y

Koefficient	$\beta$	Standardfel (S.E.)	Wald's $\chi^2$	Frihetsgrader (df)	Sig.	Odds ratio Exp( $\beta$ )
X	0,367	0,121	9,178	1	0,002	1,443
Y	0,031	0,010	8,940	1	0,003	1,031
Konstant	-9,989	3,218	9,635	1	0,002	0,000

Test	$\chi^2$	df	Sig.
<b>Overall model evaluation</b>			
Likelihood ratio test	26,976	2	0,000
<b>Goodness-of-fit test</b>			
Hosmer & Lemeshow	6,719	8	0,567

<b>Modell sammanfattning</b>	-2 Log likelihood 79,292	Cox & Snell R Square 0,209	Nagelkerke R Square 0,347
------------------------------	-----------------------------	-------------------------------	------------------------------

Prediktionerna för de framsorterade toppstockarna visas nedan i Tabell 5. Tabellen visar utfallet av godkänd stock (1) och icke godkänd stock (0). Ur tabellen går det att läsa att modellen accepterade 12 av totalt 20 icke godkända stockar samt accepterade 94 av totalt 95 godkända stockar. Modellen hade totalt 88,7 % rätt.

Tabell 5. Modellens resultat för toppstockarna

		Modellens prediktioner		
		Utfall		Procent korrekta
Observerade		0	1	
Utfall	0	8	12	40,0
	1	1	94	98,7
Övergripande procentuellt modellutfall				88,7

#### 4.3.2 Rotstockar

Sorteringsmodellens ingående parametrar för de provsågade rotstockarna visas i Tabell 6. Tabellen visar modellens fyra oberoende variabler samt konstanten. Stockens A, B och D ( $m^3$ fub) påverkar utfallet positivt (0,132, 0,031 och 0,047). Med ökad A, B och D ökar sannolikheten för att stocken skall vara friskkvistig. C påverkar utfallet negativt (-0,022), dvs. med ökad C minskar sannolikheten att stocken skall vara friskkvistig. De oberoende variablerna är alla signifikanta. Hosmer och Lemeshow testet visar resultatet av  $\chi^2$ -testet som är 9,028 med 8 frihetsgrader (df) som motsvarar en signifikansnivå på 0,340. Signifikansnivån är större än 0,05 och visar att modellen ger värden som inte avviker mer än vad som kan förklaras av slumpen. Nagelkerkes  $R^2$  visar att 55,9 % av variansen kan förklaras.

Tabell 6. Logistisk regressionsanalys - utfallet av friskkvistig råvara ur rotstockar efter A, B, C och D

Koefficient	$\beta$	Standardfel (S.E.)	Wald's $\chi^2$	Frihetsgrader (df)	Sig.	Odds ratio Exp( $\beta$ )
A	0,132	0,056	5,556	1	0,018	1,141
B	0,112	0,031	13,270	1	0,000	1,118
D	-0,022	0,008	8,759	1	0,003	0,978
C	0,047	0,016	8,765	1	0,003	1,048
Konstant	-19,558	11,456	2,915	1	0,088	0,000
Test			Chi <sup>2</sup>	df	Sig.	
<b>Overall model evaluation</b>						
Likelihood ratio test			49,007	4	0	
<b>Goodness-of-fit test</b>						
Hosmer & Lemeshow			9,028	8	0,340	
<b>Modell sammanfattning</b>	-2 Log likelihood 70,987		Cox & Snell R Square 0,397		Nagelkerke R Square 0,559	

Prediktionerna för de framsorterade rotstockarna visas nedan i Tabell 7. Tabellen visar utfallet av godkänd stock (1) och icke godkänd stock (0). Ur tabellen går det att läsa att modellen accepterade 2 av totalt 67 icke godkända stockar samt accepterade 20 av totalt 30 godkända stockar. Modellen hade totalt 87,6 % rätt i de prediktioner som utfallet gav.

Tabell 7. Modellens resultat för toppstockarna

Observerade	Modellens prediktioner		
	Utfall	0	1
Utfall	0	65	2
	1	10	20
Övergripande procentuellt modellutfall			87,6

#### 4.3.3 Sorteringsmodellens funktion

De framarbetade sorteringsmodellerna resulterar i en sorteringsfunktion för varje modell. Sorteringsmodellernas funktion presenteras nedan.

##### Toppstockar:

$$z = -9,989 + (0,031 * X) + (0,367 * Y)$$

##### Rotstockar:

$$z = -19,558 + (0,047 * D) - (0,022 * C) + (0,112 * B) + (0,132 * A)$$

Resultatet av dessa gränsdragningar ges av den logistiska regressionen och presenteras som *logiten* och omvandlas till sannolikheter genom  $f(z) = 1/(1 + e^{-z})$

#### 4.4 Effektiviseringsvinster

En genomsnittlig sågning använder i dagsläget ca 6000 stockar vilket motsvaras av 1118 m<sup>3</sup>fub (medelstockvolym 0,186 m<sup>3</sup>fub \* 6000 stockar). Timmersorteringen har en medelkapacitet på 185,5 m<sup>3</sup>fub/h och timmerklassen 1850FRK som undersökts utgör 5,1 % av allt timmer som sorteras vid sågverket. Varje timme sorteras det ut 9,5 m<sup>3</sup>fub (5,1 % \* 185,5 m<sup>3</sup>fub) i den aktuella timmerklassen. Med dagens sorteringsstrategi med ett utfall på 91,9 % krävs det 117,7 timmar (1118 m<sup>3</sup>fub/9,5 m<sup>3</sup>fub/timme) att sortera fram tillräcklig volym timmer. För en sågning i timmerklass 1850FRK med ett nuvarande utfall på 91,9 % råsorteringen och ett sågutbyte 48,9 % där centrumplankorna motsvarar 64 % av sågutbytet kommer det produceras 305,6 m<sup>3</sup>sv målprodukt (1118 m<sup>3</sup>fub \* sågutbyte 46,5 % \* andel centrum 64 % \* sorteringsprecision 91,9 %) i råsorteringen.

Sorteringsmodellen med sorteringsprecisionen 94,1 % i råsorteringen, vilket är 2,4 % högre precision än nuvarande sorteringsregler, kräver 1092 m<sup>3</sup>fub (305,6 m<sup>3</sup>sv) och en tidsåtgång i timmersorteringen på 115 timmar. Beräkningarna presenteras nedan för sorteringsmodellen.

Målprodukt (m<sup>3</sup>sv) = utbyte råsortering \* andel centrum \* sorteringsprecision \* antal m<sup>3</sup>fub  
305,6 m<sup>3</sup>sv = 46,5 % \* 94,1 % \* antal m<sup>3</sup>fub  
Antal m<sup>3</sup>fub = 376,8 / (46,5 % \* 64 % \* 94,1 %)  
Antal m<sup>3</sup>fub = 1092

Tidsåtgång = 1092 m<sup>3</sup>fub / 9,5 m<sup>3</sup>fub/timme = 115 timmar

Det framarbetade sorteringsförslaget ger en besparing i timmersorteringen på 2,7 timmar i det presenterade exemplet. Tiden för att såga fram en tillräcklig mängd målprodukt kommer att minskas på samma sätt som tiden för timmersorteringen. Med en sågkapacitet på 169,3 m<sup>3</sup>fub/h tar det i dagsläget 6,6 timmar att utföra en genomsnittlig sågning (1118 m<sup>3</sup>fub/169,3 m<sup>3</sup>fub/h). Med sorteringsmodellens precision i råsorteringen kommer tiden att såga fram tillräcklig volym att minskas från 6,6 timmar till 6,4 timmar (1092 m<sup>3</sup>fub/169,3 m<sup>3</sup>fub/h). Den totala tidsbesparingen för att sortera och såga en tillräcklig volym timmer i timmerklassen 1850FRK uppgår till 2,9 timmar (2,7 + 0,2).

För timmerklassen 1850SVK gäller samma ingående resonemang (beräkningsunderlag återfinns i Bilaga 6). Timmerklassen utgör 3 % av allt timmer som sorteras vid sågverket och det utsorteras då 5,5 m<sup>3</sup>fub/timme. Kvalitetsutfallet 93 % medför att det tar 202,6 timmar att sortera fram en sågning. Med det approximerade förhöjda kvalitetsutfallet (95,1%) krävs 1092 m<sup>3</sup>fub (samma procentuella ökning i denna timmerklass ger samma volym) vilket kommer att behövas 198,1 timmar i timmersorteringen. Tiden att framställa denna volym minskar från 6 timmar till 5,9 timmar. Den totala tidsbesparingen är 4,6 timmar för timmerklassen 1850SVK.

##### 4.4.1 Kalkylering

En högre andel målkvalitet i råsorteringen ger i sin tur en högre andel målprodukt i justerverket. För att kunna beräkna kvalitetsförändringen i justerverket har genomsnittligt kvalitetsutfall för målprodukten (referenskvaliteten) tagits fram via genomgång av kvalitetsutfallet i FinScan-utrustningen i justerverket. Det nuvarande genomsnittliga kvalitetsutfallet för målprodukten är 89 % och nyttjades som kalkyleringsunderlag i de ekonomiska analyserna i studien. Genom att multiplicera centrumutbytets utfall i råsorteringen och kvalitetsutfallet i justerverket fås andelen godkänd målprodukt

Effekterna av en timmersortering med högre precision visar sig både i monetära termer samt i kvalitativt karakteriserade möjligheter i form av tidsbesparingar i timmersortering samt såglinje. De kalkylerade effekterna baseras på ofullständiga självkostnads-kalkyler (särintäkter, särkostnader samt vissa fördelade produktionskostnader) som upprättats för den aktuella timmerklassen. De övriga effektiviseringsvinsterna baseras på de, icke monetära, konsekvenser en förbättrad timmersortering medför.

Kalkylerna utgår från budgeterad volym i timmerklassen. Volymen baseras på de siffror som förväntas produceras under 2012. Volymen som sågas i timmerklassen 1850FRK är budgeterad till 48 600 m<sup>3</sup>fub. Denna volym baseras på all volym som mäts in och kvalitetsutfallet för den framarbetade sorteringsmodellen antas gälla för denna volym. Timmerklassen postas med två olika postningar (50x150 samt 50x135) och den ekonomiska analysen är gjord utifrån antagandet att precisionen i timmersorteringen höjs inom dessa postningsutfall. Kostnaderna och produktionskapaciteten som kalkylen baseras på presenteras i Tabell 8. Samtliga produktutfall (andelar och volymer) för respektive sorteringsstrategi, samt försäljningspris återfinns i Bilaga 3-5.

Tabell 8. De kostnader samt kapacitet kalkyleringen grundar sig på

<b>Kapacitet</b>	
Timmersortering	185,5 m <sup>3</sup> fub/h
Såg	169,3 m <sup>3</sup> fub/h
<b>Kostnader</b>	
Timmersortering	3 948 kr /h
Såg	26 334 kr /h
Torkkostnad - målqualität	84 kr /m <sup>3</sup> sv
Torkkostnad - övrig kvalitet	50 kr /m <sup>3</sup> sv
Torkkostnad - sidobrädor	50 kr /m <sup>3</sup> sv
Justerverk	1,25 kr /styck
Timmerkostnad	600 kr /m <sup>3</sup> fub

#### 4.4.2 Jämförande kalkylering

Kalkylen som visar effekterna av en förbättrad timmersortering jämförs med kalkylen för det nuvarande sättet att sortera timmer (Tabell 9). Den nya sorteringsmodellens resultat baseras på att producera samma volym målprodukt (13 485 m<sup>3</sup>sv) som nuvarande sorteringsregler åstadkommer (vilket visas genom minskad råvaruåtgång orsakat av högre precision i timmersorteringen). Detta är gjort för att illustrera den förändring av utnyttjandet av maskinkapacitet som en mer träffsäker timmersortering medför.

Resultatet av den jämförande kalkylen visar att tidsåtgången för att sortera fram tillräckligt mycket timmer, för att producera samma volym målprodukt, minskar från 262,9 timmar till 255 timmar (tidsåtgången i timmersorteringen baseras på antagandet att det bara skulle sorteras timmer ur den aktuella timmerklassen). Att såga samma volym målprodukt tar med den nya sorteringsmodellen 280,4 timmar jämfört med nuvarande 287,1 timmar. Resultatet/m<sup>3</sup>fub ökar med 1,8 % (206,6 kr till 210,3 kr).

Tabell 9. Jämförande kalkyl för att illustrera skillnaderna som uppstår mellan nuvarande sorteringsstrategi och den framarbetade sorteringsmodellen. Med sorteringsmodellen krävs mindre råvara för att producera samma mängd målprodukt

	Nuvarande sorteringsregler 91,9 % träffsäkerhet i råsorteringen	Ny Sorteringsmodell 94,1% träffsäkerhet i råsorteringen
<b>Råvaruförbrukning</b>	48 600 m <sup>3</sup> fub	47 464 m <sup>3</sup> fub
<b>Särintäkter</b>		
<i><b>Centrumplank</b></i>		
Godkänd målprodukt	32 030 861 kr	32 030 861 kr
Övrig kvalitet	2 121 923 kr	1 509 465 kr
Sidobrädor	7 456 632 kr	7 282 309 kr
Spån & Flis	9 049 782 kr	8 838 214 kr
<b>Totala särintäkter</b>	50 659 198 kr	49 660 889 kr
<b>Särkostnader</b>		
<i><b>Tidsåtgång</b></i>		
Timmersortering (timmar)	262,0	255,9
Såg (timmar)	287,1	280,4
<i><b>Kostnader</b></i>		
Timmersortering	1 034 355 kr	1 010 173 kr
Såg	7 559 553 kr	7 382 825 kr
Torkkostnad - målkvalitet	1 272 749 kr	1 272 749 kr
Torkkostnad - övrig kvalitet	66 773 kr	47 500 kr
Torkkostnad - sidobrädor	274 787 kr	268 363 kr
Kostnad justerverk	1 249 034 kr	1 219 834 kr
Timmerkostnad	29 160 000 kr	28 478 292 kr
<b>Särkostnader och fördelade samkostnader</b>	40 617 252 kr	39 679 736 kr
<b>Totalt resultat</b>	<b>10 041 946 kr</b>	<b>9 981 153 kr</b>
<b>Resultat/m<sup>3</sup>fub</b>	<b>206,6 kr</b>	<b>210,3 kr</b>

#### 4.4.3 Kalkylering - sorteringsmodell 1850FRK

Genom att nyttja samma mängd råvara (48 600 m<sup>3</sup>fub som nyttjas i dagens produktion) i den nya sorteringsmodellen ökar intäkten med 190 464 kr (Tabell 10). Den ökade intäkten består av en högre andel målprodukt på grund av en förbättrad sorteringsprecision. En konsekvens av ett högre utfall målprodukt är att intäkten för övrig kvalitet minskar. Tabell 10 och 11 visar de faktiska förändringar som sker på intäkts- och kostnadssidan. Sorteringsmodellen ger ett förbättrat resultat för timmerklassen 1850FRK vilket visas i Tabell 12.



Tabell 10. De förändringar på intäktssidan sorteringsmodellen medför. Nuvarande intäkter presenteras inom parentes. De totala särintäkter som presenteras inkluderar biprodukter och fås ur kalkylen för nuvarande sorteringsstrategi.

<b>Särintäkter</b>	
<b>Centrumplank</b>	
Godkänd målprodukt	
– ökad intäkt pga. högre andel målkvalitet (32 030 861 kr)	32 797 650 kr
Övrig kvalitet	
– minskad intäkt pga. minskad andel övrig kvalitet (2 121 923 kr)	1 545 599 kr
Totala särintäkter	
– inklusive sidobrädor, spån och flis (50 659 198 kr)	50 849 662 kr
<b>Särintäkt</b>	
50 849 662 kr – Nuvarande sortering (50 659 198 kr)	<b>190 464 kr</b>

De kostnader som förändras är torkkostnaderna. En högre andel målkvalitet ger en högre torkkostnad (målkvaliteten torkas till en lägre fuktkvot och kostar därför mer att torka).

Tabell 11. De kostnadsändringar sorteringsmodellens högre sorteringsprecision medför. Nuvarande kostnader visas inom parentes. Totala särkostnaden inkluderar de kostnader som inte förändras och ges av kalkylen för nuvarande sorteringsstrategi.

<b>Särkostnader</b>	
<b>Torkkostnad – målkvalitet</b>	
– ökad kostnad pga. av högre andel målkvalitet (1 272 749 kr)	1 303 218 kr
Torkkostnad - övrig kvalitet	
– minskad kostnad pga. av högre andel målkvalitet (66 773 kr)	48 637 kr
Totala särkostnader	
– inklusive timmersortering, såg, torkkostnad sidobrädor samt kostnad för justerverket.	40 629 585 kr
<b>Särkostnad</b>	
40 629 585 kr – nuvarande sortering (40 617 252 kr)	<b>12 332 kr</b>

Tabell 12. Tabellen visar den förändring sorteringsmodellens resultat mot nuvarande sorteringsstrategi. Förändringen baseras på årlig volym i timmerklassen 1850FRK utifrån de studerade stockarnas kvalitetsutfall

<b>Täckningsbidrag/år</b>	
10 220 078 kr – 10 041 946 kr	<b>178 131 kr</b>
<b>Täckningsbidrag/m<sup>3</sup>fub</b>	
210,3 kr - 206,6 kr	<b>3,7 kr</b>

#### 4.4.4 Kalkylering - sorteringsmodell 1850SVK

En mer precis timmersortering i avseende på produktion av friskkvistiga produkter ger som naturlig konsekvens en mer precis sortering på den del av timmerklassen 1850 som delas upp i svartkvist. Genom ostrukturerade intervjuer har det antagits att den procentuella förbättring som sorteringsmodellen medför även är applicerbar på timmerklassen 1850SVK. I Tabell 13 visas de ekonomiska effekterna ett sådant antagande får för denna timmerklass. De kostnader som kalkylen baseras på hämtas från Tabell 4. Eftersom det inte sker någon försortering innan torkning, torkas all volym till samma fuktkvot. Detta medför att den förändring som sker timmersorteringen påverkar utfallet i justerverket Detta får till följd att den ekonomiska effekten, kommer av ett förändrat medelpris (intäkt) för timmerklassen.

Tabell 13. De förändringar på intäktssidan sorteringsmodellen medför i timmerklassen 1850SVK. Kalkylens beräkningsunderlag presenteras i Bilaga 6-8

	<b>Nuvarande sorteringsregler</b> 93,0 % träffsäkerhet i justerverket	<b>Sorteringsmodell</b> 95,1% träffsäkerhet i justerverket
<b>Råvaruförbrukning</b>	28 260 m <sup>3</sup> fub	28 260 m <sup>3</sup> fub
<b>Särintäkter</b>		
<i>Centrumplank</i>		
Godkänd målprodukt	13 871 089 kr	14 190 124 kr
Övrig kvalitet	731 553 kr	512 747 kr
<b>Totala särintäkter</b>	<b>14 602 641 kr</b>	<b>14 702 871 kr</b>
<b>Täckningsbidrag/år</b>		<b>100 230 kr</b>
<b>Täckningsbidrag/m<sup>3</sup>fub</b>	<b>516,7 kr</b>	<b>520,3 kr</b>

#### 4.4.5 Kalkylering – totalt resultat

Det totala resultatet för hela timmerklassen 1850 presenteras i Tabell 14 vilken visar ett förbättrat årligt resultat på 285 463 kr.

Tabell 14. Det samlade resultatet för timmerklassen 1850

	<b>Timmerklass 1850FRK</b>	<b>Timmerklass 1850SVK</b>
<b>Förbättrat årligt täckningsbidrag</b>	<b>178 131 kr</b>	<b>100 230 kr</b>
<b>Förbättrat täckningsbidrag/m<sup>3</sup>fub</b>	<b>3,7 kr</b>	<b>3,5 kr</b>
<b>Totalt resultat för hela timmerklassen</b>		
<b>Ökat täckningsbidrag</b>	<b>285 463 kr</b>	
<b>Förbättrat täckningsbidrag/m<sup>3</sup>fub</b>	<b>3,6 kr</b>	

## 5 Diskussion, analys och slutsatser

Resultatet av studien leder till ett sorteringsförslag som ger en högre andel målprodukt i timmersorteringen. För att tillverka samma volym målprodukt som sågverket producerar idag, krävs det med den föreslagna sorteringsstrategin en mindre volym råvara och mindre maskinkapacitet.

Tiden för att sortera fram en tillräcklig mängd timmer, i en timmervälta har genom sorteringsmodellen minskats. Detta för att ett högre utfall, avseende rätt sorterade stockar, kräver en mindre total framsorterad volym. Effekterna av tidsbesparingen medför att planeringen av sågningarna kan ske med kortare tidsintervall. Dessutom kan denna tidsbesparing medföra att leveranstiden till kund kan komma att sänkas. Kunder kan i dagsläget tvingas vänta på en leverans på grund av att tiden att sortera fram en tillräckligt stor mängd timmer är för tidskrävande. Denna väntetid kortas ner med sorteringsmodellen och vid ett bredare effektiviseringsprojekt kan det tänkas att tidsbesparingen kan bli högre för vissa timmerklasser. Det krävs en mindre mängd stockar i sågen till följd av att utfallet av målprodukt har ökat. En mindre mängd stockar medför att sågningen tar mindre tid. Denna tid kan nyttjas till produktivitetsökningar. På årsbasis kan denna tid tänkas bli relativt stor.

Den effektivisering som medföljer det framarbetade sorteringsförslaget är ett steg mot en effektivare produktionsprocess i linje med teorierna kring TQM och Lean production. Grönlund (1992) beskrev ett sågverks effektiviseringsarbete med TQM som: En effektivare timmersortering, med högre sorteringsprecision, är ytterligare ett steg i den riktningen. Kostnaden minskar med en mindre tidsåtgång i processerna, samtidigt som andelen rätt sorterade stockar ökar. Dessutom så bidrar den framarbetade sorteringsmodellen även till en ökad flexibilitet i produktionen. Sannolikhetsgränserna som sorteringsmodellen använder sig av i timmersorteringen kan enkelt justeras efter volyms- och kvalitetsbehov. En ökad sorteringsprecision minskar även utsorteringsfrekvensen. Detta kan bidra till en mer kvalitetsenlig färdigvara vilket ökar sannolikheten att uppfylla och överträffa kundernas förväntningar. Detta är en central del i TQM och i arbetet med att minimera kvalitetsbristkostnader. Resultatet av den utarbetade sorteringsstrategin kan även leda till möjligheter att torka en sågning osorterad, vilket skulle leda till friläggande av kapacitet i råsorteringen och ströläggaren. Dessutom leder en osorterad sågning till mindre förluster av virke, då en automatsortering tenderar att inte alltid kunna sortera felfritt. Att justerverket skulle vara den enda sorteringsstationen minskar riskerna för fel i sorteringsprocessen.

Kvalitetsbristkostnaden som identifierats ( $3,6\text{kr/m}^3\text{fub}$ ) baseras på de framarbetade sorteringsmodellernas resultat jämfört med nuvarande utfall. Genom att applicera det framarbetade sorteringsförslaget skulle denna kvalitetsbristkostnad elimineras. I en sågverksindustri kommer det alltid att existera kvalitetsbristkostnader, att få ett 100 % korrekt kvalitetsutfall är naturligtvis omöjligt. Sågtimrets komplexa sammansättning tillsammans med de olika bearbetningsprocesserna medför att det är svårt att uppnå en produktion som är fullständigt felfri. Däremot är det kontinuerliga förbättringsarbetet med en förbättrad sorteringsstrategi en väg till att uppnå en så pass hög tillfredsställelseggrad det är möjligt för denna typ av tillverkande industri.

Utfallet av sidobrädor har inte undersökts i studien men en tänkbar konsekvens är att andelen O/S-kvalitet ökar i SVK-klassen med ett högre utfall målprodukt (centrumplanka). Detta på grund av att en svartkvist dör av i centrumutbytet och lämnar en kvistfri (O/S-kvalitet) sidobräda. Det motsatta förhållandet gäller då också för FRK-klassen, dvs. andelen kvistfria

sidobrädor minskar då andelen friskkvistiga stockar ökar (då den friska kvisten tenderar att växa ut till trädets mantelyta.)

De ekonomiska konsekvenser studien uppvisar bör motivera sågverk att investera i ytterligare mätteknik. Dessutom kan återbetalningstiden för mättekniken reduceras med användandet av optimerade sorteringsmodeller.

## 5.1 Timmersortering

Genom att kombinera en 3D-mätram tillsammans med 2D-röntgenram och illustrera den förbättringspotential som finns visar studien den kapacitet en kombinerad sorteringsstrategi kan medföra. Att kombinera dessa mätmetoder jämfört med att enbart sortera efter 3D-mätram ger en ökning i kvalitetsutfallet i justerverket med 3,7 % (78,9 % till 81,8 %) med nuvarande sorteringsregler och en ökning med 6,2 % (78,9 % till 83,8 %) med den framarbetade sorteringsmodellen. Sorteringsutfallet (82,6 %) med 3D-mätram styrker studien av Skog et al. (2010), där 3D-mätram konstaterades *”ge rätt god information om stockarnas kvistegenskaper, men ju grövre timmer som mäts, desto mer tillför röntgenmätramen”*. Den nya sorteringsmodellens utfall i timmersortering var 89,1 % vilket visserligen är högre än skillnaden som uppmättes i den refererade studien, men en kombinerad mätmetod kan antas bidra ännu mer för de grövre timmerklasserna. Timmerklassen i denna studie kan sägas vara en timmerklass som ligger mittemellan de grova och klena timmerklasserna, vilket skulle förklara den relativt låga förbättring sorteringskombinationen medför. En fördjupad studie på en grövre timmerklass kan tänkas medföra en ännu större ekonomisk förtjänst.

Nuvarande sorteringsstrategin klassade 106 toppstockar och 18 rotstockar som friskkvistiga, sorteringsmodellen klassade samma antal toppstockar och klassade in ytterligare fyra rotstockar som friskkvistiga. Att anta att sorteringsmodellen kommer att sortera fram en större friskkvistig timmervolym är ett antagande som jag bedömer trovärdigt, men skillnaden i studien är marginell. Den skillnad som den nya sorteringsmodellen ger får ställas mot den komplexitet modellen medför. Att uppdatera modellen och förstå modellen kan bli komplext, dessutom så är modellen utarbetad på en timmerklass och ytterligare timmerklasser skulle kunna medföra ytterligare sorteringsmodeller av annan komplexitet. En större volym friskkvistig kvalitet får samtidigt konsekvensen att den svartkvistiga volymen minskar, vilket inte nödvändigtvis är önskvärt. Detta också på grund av att det finns en gråzon mellan de olika klasserna, där den svartkvistiga kvaliteten påverkas mindre med inblandning av friska kvistar.

### 5.1.1 Sorteringsmodell

Detta kapital har av sekretesskäl omarbetats och vissa avsnitt förblir dolda för läsaren.

De ingående variablerna som användes för framtagandet av sorteringsstrategin anses vara stabila och pålitliga. Sorteringsmodellen för toppstockar baseras på X och Y, båda påverkar sannolikheten att stocken skall vara friskkvistig positivt. Korrelationen mellan de ingående variablerna är positiv (0,289) och säger att när en variabel ökar, ökar även den andra variabeln (Tabell 15).

Tabell 15. Korrelationsmatris över ingående modellvariabler för toppstockarnas sorteringsmodell

Korrelationsmatris – Toppstockar			
Koefficient	Konstant	X	Y
Konstant	1,000	-0,975	-0,430
X	-0,975	1,000	0,239
Y	-0,430	0,239	1,000

Sorteringsmodellen för rotstockar uppvisar fler parametrar än sorteringsmodellen för toppstockar och modellen ger ett mer komplext intryck. B påverkar positivt, vilket betyder som tidigare beskrivits, en stor sannolikhet att kvistarna skall vara friska. A korrelerar positivt med B och bidrar tillsammans med denna variabel till sorteringsmodellens utfall. Stockens D visar även den ett positivt samband med förekomsten av friska kvistar. Parameter B:s påverkan på resultatet av gränsvärdesfunktionen är lägre (0,047) än de andra ingående positiva variablerna (A 0,132 och D 0,112) och det kan därför vara intressant att undersöka dess verkliga effekt. Om variabeln resulterar i ett icke önskvärt utfall kan ett alternativ vara att minska dess påverkan och justera ned konstanten som variabeln multipliceras med

Tabell 16 visar en korrelationsmatris över ingående variabler i sorteringsmodellen för rotstockar.

Tabell 16. Korrelationsmatris över ingående modellvariabler för rotstockarnas sorteringsmodell

Korrelationsmatris – rotstockar					
Koefficient	Konstant	D	C	A	B
Konstant	1,000	-0,557	-0,091	-0,884	-0,300
D	-0,557	1,000	-0,438	0,559	0,322
C	-0,091	-0,438	1,000	-0,329	-0,199
A	-0,884	0,559	-0,329	1,000	0,258
B	-0,300	0,322	-0,199	0,258	1,000

Om de nya sorteringsförslagen tillämpas är det möjligt för användaren att själv styra hur hårda krav som skall sättas i styrenheten för att stocken skall kvalificera sig som frisk- eller svartkvistig. Modellen som tagits fram med hjälp av SPSS gör en gränsdragning vid 50 % sannolikhet att vara friskkvistig. De stockar som har en högre sannolikhet än denna gräns klassas som friskkvist och de stockar med lägre sannolikhet klassas som svartkvistiga. Genom att användaren höjer eller sänker denna sannolikhetsgräns kan kvalitetsutfallet och volymsandelar justeras efter behov.

Att kombinera de föreslagna sorteringsstrategierna med tidigare studerade och stabila gränsvärden kan medföra att sorteringsmodellen ytterligare kan förbättras. En studie av Broman et al. (2007) visade att genom att kombinera sorteringsmodeller med gränsvärden för kvistvarvsvolym och kvistvarvsavstånd ökade utfallet av målqualität mot att sortera enbart efter gränsvärden. Utfallet för en kombinerad sorteringsmodell med gränsvärden ökade från

72 % till 77 %. Trots dessa gränsvärden var användandet av enbart en sorteringsmodell baserat på multivariat dataanalys det som gav högst utfall av den efterfrågade målkvaliteten. Sorteringsmodellen resulterade i 10 % högre utfall än att sortera efter enbart gränsvärden (79 % mot 72 %).

Att kombinera gränsvärden med en sorteringsmodell kan medföra att användaren kan styra vilka värden för valda parametrar som man vill ska vara minimala krav för att kvala in i olika kvalitetsklasser. Detta kan vara ett alternativ då sorteringsmodellen inte fångar upp alla aspekter för att få ett 100 % korrekt utfall. Detta kan även vara ett alternativ då användaren justerar sannolikhetsgränsen för att låta gränsvärden för olika parametrar påverka utfallet mer eller mindre beroende på viken typ av produktkvalitet som efterfrågas. Även om tidigare studier inte visat att kombinationen av gränsvärden och sorteringsmodell ger ett högre kvalitetsutfall kan denna möjlighet vara av intresse att undersöka.

Resultatet av denna studie är tänkt att fungera som ett underlag för de ytterligare effektiviseringsarbeten som kan komma att utföras. Det framarbetade sorteringsförslaget är endast applicerbart på den aktuella timmerklassen och kan inte gälla generellt för totala råvaruvolymen. Resultat kan däremot ge en fingervisning av den potential ett bredare effektiviseringsprojekt skulle kunna medföra (med avseende på ökade intäkter och effektivare produktion) om denna typ av flödesoptimering skulle utföras på alla de timmerklasser som särskiljer mellan frisk- och svartkvistiga stockar. Om den framarbetade sorteringsmodellens utfall skulle vara applicerbart på all volym som sorteras med avseende på frisk- och svartkvist skulle resultatet öka med ~2 miljoner kr/år.

## 5.2 Metoddiskussion

En viktig aspekt vid statistiska undersökningar är att urvalet är tillräckligt stort för att kunna visa hög validitet och reliabilitet. Studiens underlag anses vara betryggande, men i en fördjupad analys skulle ett större urval vara ett föredra. De inre egenskaperna trädet besitter visar i många sammanhang upp en komplexitet som kan vara svår att fånga i ett mindre urval. Dessutom kan sågtimret besitta olika egenskaper beroende på vilken tidpunkt på året avverknings utförts. Det kan också finnas olikheter i vilken typ av avverkningsform timret kommer ifrån, om det är en slutavverkning eller gallring. En stock från en gallring, inom timmerklassen, kan antas vara mer frodvuxen och då besitta en högre sannolikhet att vara friskkvistig än en stock från en slutavverkning. Ett större urval skulle förhoppningsvis kunna påvisa denna komplexitet bättre, om än nog aldrig kunna beskriva den till fullo. Genom att utföra fler provsågningar fördelade över året med ett bredare urval kan studiens validitet stärkas. En ytterligare studie, med en grövre timmerklass, skulle vara intressant att utreda för att avgöra om ekonomiska effekterna i timmersorteringen blir större i dessa timmerklasser.

Den statistiska metoden som använts är erkänd och accepterad, men också komplex. De PLS-modeller (*Partial least square*) som använts i vissa studier inom området kan vara intressanta att se över vid en fördjupad, framtida studie. Principen bakom de båda metoderna är dock liknande, då de båda beräknar sannolikheter för den beroende variabeln. I detta sammanhang anser jag att den logistiska regressionen som använts uppfyller sitt syfte.

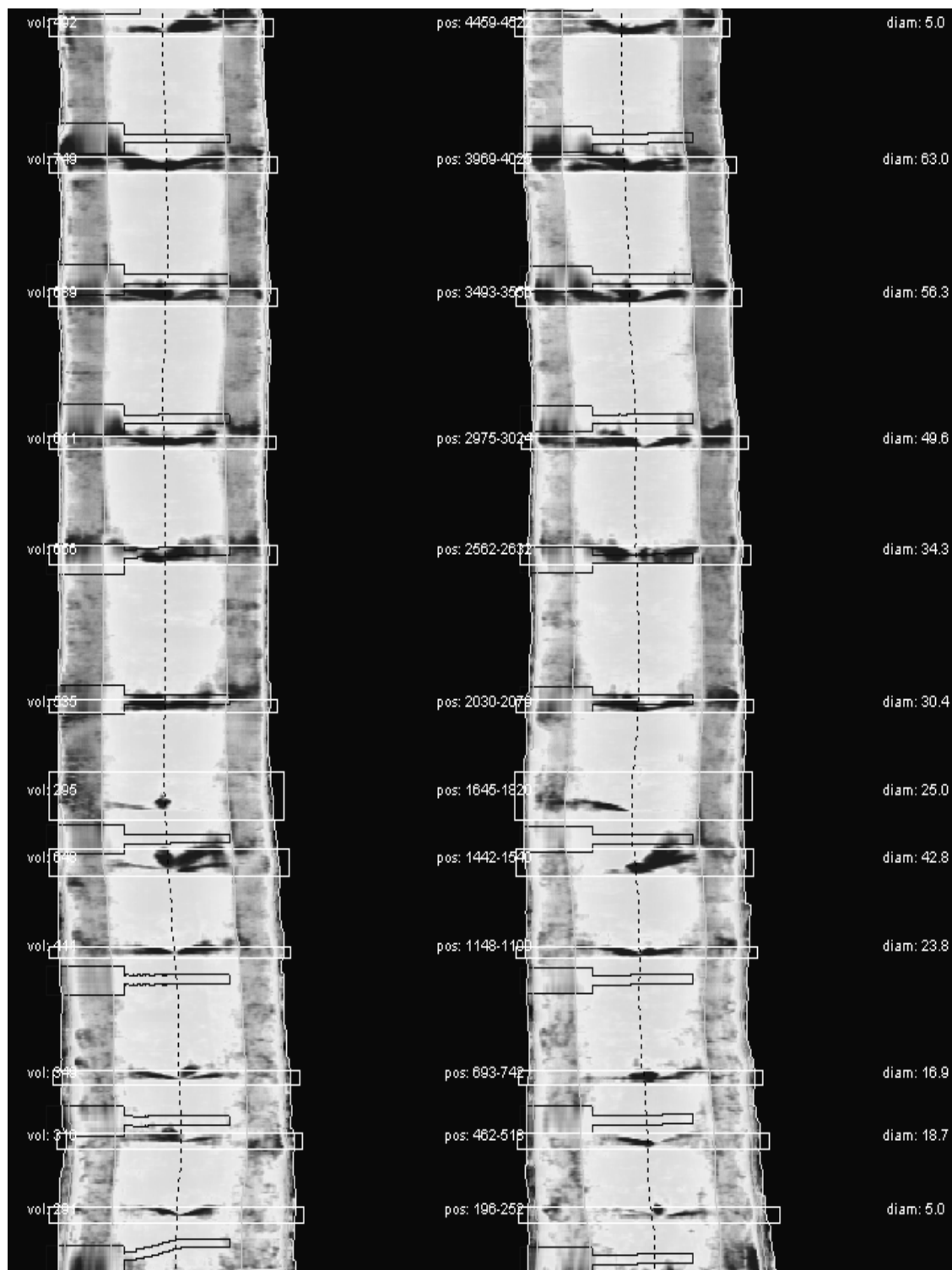
De kalkylerade intäkterna och kostnaderna är föränderliga och kalkylens resultat påverkas av den tidpunkten kalkylen görs. Eftersom studiens resultat visar en högre precision i timmersorteringen kommer en kalkyl med en förbättrad sorteringsprecision alltid visa en positiv effekt avseende de förändringar i intäkter som den högre sorteringsprecisionen medför.

# Referenser

- Alnestig, P., Segerstedt, A. (2008) Produktkalkyler. Uppl. 2:5. Liber AB: Malmö
- Bergman, B., Klefsjö, B. (2007) Kvalitet från behov till användning. Uppl. 4. Studentlitteratur AB, Lund
- Bergstrand, J. (2010) Ekonomisk analys och styrning. Uppl. 4:1. Studentlitteratur AB, Lund.
- Bjerling, J., Ohlsson, J. (2010) En introduktion till logistisk regressionsanalys. Arbetsrapport nr. 62. Göteborgs universitet
- Björklund, L., Grundberg, S., Edlund, J. (2003) Slutrapport för projekt "Effektivare Sågtimmermätning". SDC.
- Blomqvist, H., Nylinder, M. (1988) Samband mellan tall stockars geometri, utbyte och kvalitet. Rapport nr 205. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för virkeslära.
- Blücher, D., Öjmertz, B. (2008). Utmana dina processer. Swerea IVF AB, Mölndal
- Bryman, A., Bell, E. (2011) Företagsekonomiska forskningsmetoder. Uppl. 1:2. Liber AB, Malmö
- Djurfeldt, G., Barmark, M. (2009) Statistisk verktygslåda – multivariat analys. Studentlitteratur AB, Lund
- Nordiskt trä – sorteringsregler. 1994. Uppl. 1. Markaryds grafiska, Markaryd
- Grönlund, A. (1992) Sågverksteknik del 1: Råvaran. Sveriges skogsindustriförbund, Markaryd
- Grönlund, A. (1992) Sågverksteknik del 2: Processen. Sveriges skogsindustriförbund, Markaryd
- IBM. SPSS Software. 2012. [Online] (2012-03-28)
- Tillgänglig: <http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/> [2012-03-28]
- Juran, J. M. (1989) Juran on leadership for Quality; An executive Handbook. New York. The free press, a division of Macmillan Inc.
- Lindström, H. 1997. Wood Variation in Young Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst) Created by Differences in Growth Conditions. Doctoral thesis. Silvestria 21. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala 1997.
- Ljungberg, Ö. (2000) TPM – Vägen till ständiga förbättringar. Studentlitteratur AB, Lund
- Nylinder, M. (1990) Automatisk kvalitetssortering av talltimmer. Rapport nr 215. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för virkeslära. Uppsala
- Nylinder, M., Fryk, H. (2011) Timmer. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens produkter. Uppsala
- Nylinder, M., Grace, L. A., Jonsson, L. (1995) Utsortering av friskkvistvirke, tall. Rapport nr 245. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för virkeslära. Uppsala
- Oja, J., Grundberg, S., Fredriksson, J., Berg, P. (2004) Automatic grading of sawlogs: A comparison between X-ray scanning, optical three-dimensional scanning and combinations of both methods. Scandinavian Journal of Forest Research, 19:1, 89-95
- Olsson, U. (1998) Kalkylering för produkter och investeringar. Studentlitteratur AB, Lund
- Skog, J., Oja, J., Johansson, F., Lundgren, N., Fredriksson, M. (2010) Förbättrad stocksortering genom att kombinera 3D- och röntgenteknik. Slutrapport, Träcentrum norr
- Skogsindustrierna. Så går det för skogsindustrin - Om den svenska pappers-, massa- och sågverksindustrin. Kvartalsrapport december. 2010. [Online] (2012-03-28)
- Tillgänglig: [http://www.skogsindustrierna.org/Sa\\_gar\\_det\\_for\\_Skogsindustrin](http://www.skogsindustrierna.org/Sa_gar_det_for_Skogsindustrin). [2012-03-28]
- Sörqvist, L. (2001) Kvalitetsbristkostnader. Uppl. 2. Studentlitteratur AB, Lund
- Träguiden. Sågverksprocessen. 2012. [online] (2012-03-28)a
- Tillgänglig: <http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=1136&contextPage=1134> [2012-03-28]
- Träguiden. Terminologi och mätmetoder. 2012. [online] (2012-03-28)b
- Tillgänglig: <http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=935> [2012-03-28]

# Bilagor

## Bilaga 1. Tomografisk bild





## Bilaga 2. Ingående parametrar

mess len cm
cylinder
mean ovality %
taper rate
1 Min Knot Cluster Distance [mm]
2 Max Knot Cluster Distance [mm]
3 Mean Knot Cluster Distance [mm]
4 Number of Knotty Whorls
5 Mean Max Knot Diameter [mm]
6 Mean Knot Volume in Cluster [cm3]
8 Knot Volume [‰]
9 Heartwood Top Diameter [mm]
10 Heartwood Taper [(mm/10)/m]
11 Heartwood Volume [‰]
12 Mean Density [Kg/m3]
13 Ring Width [mm/10]
23 Mean Inter-Cluster Distance [mm]
24 Min Inter-Cluster Distance [mm]
25 Max Inter-Cluster Distance [mm]
26 Percentage of Knots Free Length [%]
WA
taper butt/mid
volume m3fub
volume m3top

### Bilaga 3. Beräkningsunderlag 1850FRK

---

#### Indata i kalkyleringsmodell 1850FRK

Aktuell postning	
Centrum 50x135 2ex snittlängd	4,15 meter
Centrumplank/m3sv	34 st
Sidobrädor 25x100 4ex snittlängd	4,15 meter
Sidobrädor/m3sv	120 st
Centrum - tjocklek	0,05 meter
Centrum - bredd	0,135 meter
Sidobräda - tjocklek	0,019 meter
Sidobräda - bredd	0,1 meter
Snittyta Centrumplanka	0,0135 m <sup>2</sup>
Snittyta Sidobräda	0,0076 m <sup>2</sup>

---

Utbyte ur 1 m3fub för aktuell postning	46,5%
Centrumplank, andel av utbyte	64 %
Sidobrädor	36,0%

---

#### **Avkap** - *genomsnitt i JV*

Centrum	8,00 %
Sidobrädor	6,00 %

Utbyte efter Justerverk	43,1%
-------------------------	-------

---

#### Bilaga 4. Försäljningspris - produkter 185FRK

---

##### **Intäkt - försäljningspris centrumplank inom målgrupp**

Kvalitet

A - målprodukt	2 200 kr	m <sup>3</sup> sv
B	1 600 kr	m <sup>3</sup> sv
C	1 400 kr	m <sup>3</sup> sv
D	1 100 kr	m <sup>3</sup> sv

---

##### **Intäkt - försäljningspris centrumplank utom målgrupp**

Kvalitet

A	2 100 kr	m <sup>3</sup> sv
B	1 600 kr	m <sup>3</sup> sv
C	1 400 kr	m <sup>3</sup> sv
D	800 kr	m <sup>3</sup> sv

---

##### **Intäkt - försäljningspris sidobrädor**

Kvalitet

A	2 100 kr	m <sup>3</sup> sv
B	1 600 kr	m <sup>3</sup> sv
C	1 320 kr	m <sup>3</sup> sv
D	800 kr	m <sup>3</sup> sv

---

##### **Intäkt - försäljningspris Biprodukter**

Flis	400 kr	m <sup>3</sup>
Spån	200 kr	m <sup>3</sup>

---

## Bilaga 5. Kvalitetsutfall 1850FRK

---

### Kvalitetsutfall i justerverk- *genomsnitt för timmerklass*

Kvalitetsutfall centrumplank inom målgrupp

A	89,0%
B	7,0 %
C	0,0 %
D	4,0 %

---

Kvalitetsutfall centrumplank utom målgrupp

A	14,9%
B	54,6%
C	26,4%
D	4,1 %

---

Kvalitetsutfall Sidobrädor

A	4,0 %
B	15,0%
C	74,0%
D	7,0 %

---

Andel biprodukter efter sågutbyte

Flis	70,0%
Spån	30,0%

---

## Bilaga 6. Beräkningsunderlag 1850SVK

---

### Timmerklass 1850SVK 34x112 3ex

Kalkylobjekt - Utfallen volym timmerklass	28260 m3fub
Aktuell postning	
Centrum 34x112 3ex snittlängd	4,2 meter
Centrumplank/m3sv	63 st
Sidobrädor 19x100 4ex snittlängd	4,2 meter
Sidobrädor/m3sv	125 st
Centrum - tjocklek	0,034 meter
Centrum - bredd	0,112 meter
Sidobräda - tjocklek	0,019 meter
Sidobräda - bredd	0,1 meter
Snittyta Centrumplanka	0,011424 m2
Snittyta Sidobräda	0,0076 m2
Utbyte ur 1 m3fub för aktuell postning	45,1%
Centrumplank, andel av utbyte	60,1%
Sidobrädor	39,9%
<b>Avkap - genomsnitt i JV</b>	
Centrumplank	8,00 %
Sidobrädor	6,00 %
Utbyte efter Justerverk	41,9%

---

## Bilaga 7. Försäljningspris centrumvara 1850SVK

---

### Intäkt - försäljningspris centrumplank inom målgrupp

Kvalitet

A - målprodukt	2 100 kr m <sup>3</sup> sv
B	1 600 kr m <sup>3</sup> sv
C	1 300 kr m <sup>3</sup> sv
D	1 100 kr m <sup>3</sup> sv

---

## Bilaga 8. Kvalitetsutfall 1850SVK

Fördelning av utfall i justerverk - <i>genomsnitt för timmerklass</i>		
Kvalitetsutfall Centrumplank inom målgrupp	Nuvarande sorteringsstrategi	Approximerat utfall efter sorteringsmodell
A	93,0%	95,1%
B	4,0 %	3,0 %
C	3,0 %	1,9 %
D	0,0 %	0,0 %

# **Publications from The Department of Forest Products, SLU, Uppsala**

## **Rapporter/Reports**

1. Ingemarson, F. 2007. De skogliga tjänstemännens syn på arbetet i Gudruns spår. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
2. Lönnstedt, L. 2007. *Financial analysis of the U.S. based forest industry*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
4. Stendahl, M. 2007. *Product development in the Swedish and Finnish wood industry*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
5. Nylund, J-E. & Ingemarson, F. 2007. *Forest tenure in Sweden – a historical perspective*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
6. Lönnstedt, L. 2008. *Forest industrial product companies – A comparison between Japan, Sweden and the U.S.* Department of Forest Products, SLU, Uppsala
7. Axelsson, R. 2008. Forest policy, continuous tree cover forest and uneven-aged forest management in Sweden's boreal forest. Licentiate thesis. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
8. Johansson, K-E.V. & Nylund, J-E. 2008. NGO Policy Change in Relation to Donor Discourse. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
9. Uetimane Junior, E. 2008. Anatomical and Drying Features of Lesser Known Wood Species from Mozambique. Licentiate thesis. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
10. Eriksson, L., Gullberg, T. & Woxblom, L. 2008. Skogsbruksmetoder för privatskogs-brukaren. *Forest treatment methods for the private forest owner*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
11. Eriksson, L. 2008. Åtgärdsbeslut i privatskogsbruket. *Treatment decisions in privately owned forestry*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
12. Lönnstedt, L. 2009. *The Republic of South Africa's Forests Sector*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
13. Blicharska, M. 2009. *Planning processes for transport and ecological infrastructures in Poland – actors' attitudes and conflict*. Licentiate thesis. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
14. Nylund, J-E. 2009. *Forestry legislation in Sweden*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
15. Björklund, L., Hesselman, J., Lundgren, C. & Nylinder, M. 2009. Jämförelser mellan metoder för fastvolymbestämning av stockar. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
16. Nylund, J-E. 2010. *Swedish forest policy since 1990 – reforms and consequences*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
17. Eriksson, L., m.fl. 2011. Skog på jordbruksmark – erfarenheter från de senaste decennierna. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
18. Larsson, F. 2011. Mätning av bränsleved – Fastvolym, torrhalt eller vägning? Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
19. Karlsson, R., Palm, J., Woxblom, L. & Johansson, J. 2011. Konkurrenskraftig kundanpassad affärsutveckling för lövträ - Metodik för samordnad affärs- och teknikutveckling inom leverantörskedjan för björkämnen. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
20. Hannerz, M. & Bohlin, F., 2012. Markägares attityder till plantering av poppel, hybridasp och *Salix* som energigrödor – en enkätundersökning. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
21. Nilsson, D., Nylinder, M., Fryk, H. & Nilsson, J. 2012. Mätning av grothlis. *Measuring of fuel chips*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

## **Examensarbeten/Master Thesis**

1. Stangebye, J. 2007. Inventering och klassificering av kvarlämnad virkesvolym vid slutavverkning. *Inventory and classification of non-cut volumes at final cut operations*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
2. Rosenquist, B. 2007. Bidragsanalys av dimensioner och postningar – En studie vid Vida Alvesta. *Financial analysis of economic contribution from dimensions and sawing patterns – A study at Vida Alvesta*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
3. Ericsson, M. 2007. En lyckad affärsrelation? – Två fallstudier. *A successful business relation? – Two case studies*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

4. Ståhl, G. 2007. Distribution och försäljning av kvalitetsfuru – En fallstudie. *Distribution and sales of high quality pine lumber – A case study*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
5. Ekholm, A. 2007. Aspekter på flyttkostnader, fastighetsbildning och fastighetstorlekar. *Aspects on fixed harvest costs and the size and dividing up of forest estates*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
6. Gustafsson, F. 2007. Postningsoptimering vid sönderdelning av fura vid Sätters Ångsåg. *Saw pattern optimising for sawing Scots pine at Sätters Ångsåg*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
7. Götherström, M. 2007. Följdeffekter av olika användningssätt för vedråvara – en ekonomisk studie. *Consequences of different ways to utilize raw wood – an economic study*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
8. Nashr, F. 2007. *Profiling the strategies of Swedish sawmilling firms*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
9. Högsborn, G. 2007. Sveriges producenter och leverantörer av limträ – En studie om deras marknader och kundrelationer. *Swedish producers and suppliers of glulam – A study about their markets and customer relations*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
10. Andersson, H. 2007. *Establishment of pulp and paper production in Russia – Assessment of obstacles*. Etablering av pappers- och massaproduktion i Ryssland – bedömning av möjliga hinder. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
11. Persson, F. 2007. Exponering av trägolv och lister i butik och på mässor – En jämförande studie mellan sport- och bygghandeln. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
12. Lindström, E. 2008. En studie av utvecklingen av drivningsnettot i skogsbruket. *A study of the net conversion contribution in forestry*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
13. Karlhager, J. 2008. *The Swedish market for wood briquettes – Production and market development*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
14. Höglund, J. 2008. *The Swedish fuel pellets industry: Production, market and standardization*. Den Svenska bränslepelletsindustrin: Produktion, marknad och standardisering. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
15. Trulson, M. 2008. Värmebehandlat trä – att inhämta synpunkter i produktutvecklingens tidiga fas. *Heat-treated wood – to obtain opinions in the early phase of product development*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
16. Nordlund, J. 2008. Beräkning av optimal batchstorlek på gavelspikningslinjer hos Vida Packaging i Hestra. *Calculation of optimal batch size on cable drum flanges lines at Vida Packaging in Hestra*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
17. Norberg, D. & Gustafsson, E. 2008. *Organizational exposure to risk of unethical behaviour – In Eastern European timber purchasing organizations*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
18. Bäckman, J. 2008. Kundrelationer – mellan Setragroup AB och bygghandeln. *Customer Relationshipship – between Setragroup AB and the DIY-sector*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
19. Richnau, G. 2008. *Landscape approach to implement sustainability policies? - value profiles of forest owner groups in the Helgeå river basin, South Sweden*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
20. Sokolov, S. 2008. *Financial analysis of the Russian forest product companies*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
21. Färlin, A. 2008. *Analysis of chip quality and value at Norske Skog Pisa Mill, Brazil*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
22. Johansson, N. 2008. *An analysis of the North American market for wood scanners*. En analys över den Nordamerikanska marknaden för träscannern. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
23. Terzieva, E. 2008. *The Russian birch plywood industry – Production, market and future prospects*. Den ryska björkplywoodindustrin – Produktion, marknad och framtida utsikter. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
24. Hellberg, L. 2008. Kvalitativ analys av Holmen Skogs internprissättningsmodell. *A qualitative analysis of Holmen Skogs transfer pricing method*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
25. Skoglund, M. 2008. Kundrelationer på Internet – en utveckling av Skandias webbplats. *Customer relationships through the Internet – developing Skandia's homepages*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
26. Hesselman, J. 2009. Bedömning av kunders uppfattningar och konsekvenser för strategisk utveckling. *Assessing customer perceptions and their implications for strategy development*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
27. Fors, P-M. 2009. *The German, Swedish and UK wood based bio energy markets from an investment perspective, a comparative analysis*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala



28. André, E. 2009. *Liquid diesel biofuel production in Sweden – A study of producers using forestry- or agricultural sector feedstock*. Produktion av f rnyelsebar diesel – en studie av producenter av biobr nsle från skogs- eller jordbrukssektorn. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
29. Barrstrand, T. 2009. Oberoende aktörer och Customer Perceptions of Value. *Independent actors and Customer Perception of Value*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
30. Fälldin, E. 2009. Påverkan på produktivit t och produktionskostnader vid ett minskat antal timmerl ngder. *The effect on productivity and production cost due to a reduction of the number of timber lengths*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
31. Ekman, F. 2009. Stormskadornas ekonomiska konsekvenser – Hur ser f rs kringsers ttningsniv erna ut inom familjeskogsbruket? *Storm damage's economic consequences – What are the levels of compensation for the family forestry?* Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
32. Larsson, F. 2009. Skogsmaskinf retagarnas kundrelationer, lönsamhet och produktivit t. *Customer relations, profitability and productivity from the forest contractors point of view*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
33. Lindgren, R. 2009. Analys av GPS Timber vid Rundviks sågverk. *An analysis of GPS Timber at Rundvik sawmill*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
34. Rådberg, J. & Svensson, J. 2009. Svensk skogsindustris framtida konkurrensfördelar – ett medarbetarperspektiv. *The competitive advantage in future Swedish forest industry – a co-worker perspective*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
35. Franksson, E. 2009. Framtidens rekrytering sker i dag – en studie av ingenj rsstudenters uppfattningar om Södra. *The recruitment of the future occurs today – A study of engineering students' perceptions of S dra*. Institutionen f r skogens produkter, SLU, Uppsala
36. Jonsson, J. 2009. *Automation of pulp wood measuring – An economical analysis*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
37. Hansson, P. 2009. *Investment in project preventing deforestation of the Brazilian Amazonas*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
38. Abramsson, A. 2009. Sydsvenska k ps gverksstrategier vid stormtimmerlagring. *Strategies of storm timber storage at sawmills in Southern Sweden*. Institutionen f r skogens produkter, SLU, Uppsala
39. Fransson, M. 2009. Spridning av innovationer av tr produkter i byggvaruhandeln. *Diffusion of innovations – contrasting adopters views with non adopters*. Institutionen f r skogens produkter, SLU, Uppsala
40. Hassan, Z. 2009. *A Comparison of Three Bioenergy Production Systems Using Lifecycle Assessment*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
41. Larsson, B. 2009. Kundens uppfattade v rde av svenska s gverksf retags arbete med CSR. *Customer perceived value of Swedish sawmill firms work with CSR*. Institutionen f r skogens produkter, SLU, Uppsala
42. Raditya, D. A. 2009. *Case studies of Corporate Social Responsibility (CSR) in forest products companies - and customer's perspectives*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
43. Cano, V. F. 2009. *Determination of Moisture Content in Pine Wood Chips*. Bachelor Thesis. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
44. Arvidsson, N. 2009. Argument f r priss ttn ng av skogsfastigheter. *Arguments for pricing of forest estates*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
45. Stjernberg, P. 2009. Det hyggesfria skogsbruket vid Yttringe – vad tycker allmänheten? *Continuous cover forestry in Yttringe – what is the public opinion?* Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
46. Carlsson, R. 2009. *Fire impact in the wood quality and a fertilization experiment in Eucalyptus plantations in Guangxi, southern China*. Brandinverkan på vedkvaliteten och tillväxten i ett g dselexperiment i Guangxi, södra Kina. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
47. Jerenius, O. 2010. Kundanalys av tryckpappersf rbrukare i Finland. *Customer analysis of paper printers in Finland*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
48. Hansson, P. 2010. Orsaker till skillnaden mellan beräknad och inmätt volym grot. *Reasons for differences between calculated and scaled volumes of tops and branches*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
49. Eriksson, A. 2010. *Carbon Offset Management - Worth considering when investing for reforestation CDM*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
50. Fallgren, G. 2010. På vilka grunder valdes limtr leverant ren? – En studie om hur Setra bör utveckla sitt framtida erbjudande. *What was the reason for the choice of glulam deliverer? -A studie of proposed future offering of Setra*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
51. Ryno, O. 2010. *Investeringskalkyl f r f rb tttrat värdeutbyte av furu vid Krylbo sågverk. Investment Calculation to Enhance the Value of Pine at Krylbo Sawmill*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

52. Nilsson, J. 2010. Marknadsundersökning av färdigkapade produkter. *Market investigation of pre cut lengths*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
53. Mörner, H. 2010. Kundkrav på biobränsle. *Customer Demands for Bio-fuel*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
54. Sunesdotter, E. 2010. Affärsrelationers påverkan på Kinnarps tillgång på FSC-certifierad råvara. *Business Relations Influence on Kinnarps' Supply of FSC Certified Material*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
55. Bengtsson, W. 2010. Skogsfastighetsmarknaden, 2005-2009, i södra Sverige efter stormarna. *The market for private owned forest estates, 2005-2009, in the south of Sweden after the storms*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
56. Hansson, E. 2010. Metoder för att minska kapitalbindningen i Stora Enso Bioenergis terminallager. *Methods to reduce capital tied up in Stora Enso Bioenergy terminal stocks*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
57. Johansson, A. 2010. Skogsallmänningars syn på deras bankrelationer. *The commons view on their bank relations*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
58. Holst, M. 2010. Potential för ökad specialanpassning av trävaror till byggföretag – nya möjligheter för träleverantörer? *Potential for greater customization of the timber to the construction company – new opportunities for wood suppliers?* Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
59. Ranudd, P. 2010. Optimering av råvaruflöden för Setra. *Optimizing Wood Supply for Setra*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
60. Lindell, E. 2010. Rekreation och Natura 2000 – målkonflikter mellan besökare och naturvård i Stendörrens naturreservat. *Recreation in Natura 2000 protected areas – visitor and conservation conflicts*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
61. Coletti Pettersson, S. 2010. Konkurrentanalys för Setragroup AB, Skutskär. *Competitive analysis of Setragroup AB, Skutskär*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
62. Steiner, C. 2010. Kostnader vid investering i flisaggregat och tillverkning av pellets – En komparativ studie. *Expenses on investment in wood chipper and production of pellets – A comparative study*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
63. Bergström, G. 2010. Bygghandelns inköpsstrategi för träprodukter och framtida efterfrågan på produkter och tjänster. *Supply strategy for builders merchants and future demands for products and services*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
64. Fuente Tomai, P. 2010. *Analysis of the Natura 2000 Networks in Sweden and Spain*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
65. Hamilton, C-F. 2011. Hur kan man öka gallringen hos privata skogsägare? En kvalitativ intervjustudie. *How to increase the thinning at private forest owners? A qualitative questionnaire*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
66. Lind, E. 2011. Nya skogsbaserade material – Från Labb till Marknad. *New wood based materials – From Lab to Market*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
67. Hulusjö, D. 2011. Förstudie om e-handel vid Stora Enso Packaging AB. *Pilot study on e-commerce at Stora Enso Packaging AB*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
68. Karlsson, A. 2011. Produktionsekonomi i ett lövsågverk. *Production economy in a hardwood sawmill*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
69. Bränngård, M. 2011. En konkurrensanalys av SCA Timbers position på den norska bygghandelsmarknaden. *A competitive analyze of SCA Timbers position in the Norwegian builders merchant market*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
70. Carlsson, G. 2011. Analysverktyget Stockluckan – fast eller rörlig postning? *Fixed or variable tuning in sawmills? – an analysis model*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
71. Olsson, A. 2011. Key Account Management – hur ett sågverksföretag kan hantera sina nyckelkunder. *Key Account Management – how a sawmill company can handle their key customers*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
72. Andersson, J. 2011. Investeringsbeslut för kraftvärmeproduktion i skogsindustrin. *Investment decisions for CHP production in The Swedish Forest Industry*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
73. Bexell, R. 2011. Hög fyllnadsgrad i timmerlagret – En fallstudie av Holmen Timbers sågverk i Braviken. *High filling degree in the timber yard – A case study of Holmen Timber's sawmill in Braviken*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

74. Bohlin, M. 2011. Ekonomisk utvärdering av ett grantimmersortiment vid Bergkvist Insjön. *Economic evaluation of one spruce timber assortment at Bergkvist Insjön*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
75. Enqvist, I. 2011. Psykosocial arbetsmiljö och riskbedömning vid organisationsförändring på Stora Enso Skutskär. *Psychosocial work environment and risk assessment prior to organizational change at Stora Enso Skutskär*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
76. Nylinder, H. 2011. Design av produktkalkyl för vidareförädlade trävaror. *Product Calculation Design For Planed Wood Products*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
77. Holmström, K. 2011. Viskosmassa – framtid eller fluga. *Viscose pulp – fad or future*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
78. Holmgren, R. 2011. Norra Skogsägarnas position som trävaruleverantör – en marknadsstudie mot bygghandeln i Sverige och Norge. *Norra Skogsägarnas position as a wood-product supplier – A market investigation towards the builder-merchant segment in Sweden and Norway*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
79. Carlsson, A. 2011. Utvärdering och analys av drivningsentreprenörer utifrån offentlig ekonomisk information. *Evaluation and analysis of harvesting contractors on the basis of public financial information*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
80. Karlsson, A. 2011. Förutsättningar för betalningsgrundande skördarmätning hos Derome Skog AB. *Possibilities for using harvester measurement as a basis for payment at Derome Skog AB*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
81. Jonsson, M. 2011. Analys av flödesekonomi - Effektivitet och kostnadsutfall i Sveaskogs verksamhet med skogsbränsle. *Analysis of the Supply Chain Management - Efficiency and cost outcomes of the business of forest fuel in Sveaskog*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
82. Olsson, J. 2011. Svensk fartygsimport av fasta trädbaserade biobränslen – en explorativ studie. *Swedish import of solid wood-based biofuels – an exploratory study*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
83. Ols, C. 2011. Retention of stumps on wet ground at stump-harvest and its effects on saproxylic insects. Bevarande av stubbar vid stubbrytning på våt mark och dess inverkan på vedlevande insekter. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
84. Börjegen, M. 2011. Utvärdering av framtida mätmetoder. *Evaluation of future wood measurement methods*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
85. Engström, L. 2011. Marknadsundersökning för högvärdiga produkter ur klenkubb. *Market survey for high-value products from thin sawn timber*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
86. Thorn-Andersen, B. 2012. Nuanskaffningskostnad för Jämtkrafts fjärrvärmeanläggningar. *Today-acquisition-cost for the district heating facilities of Jämtkraft*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
87. Norlin, A. 2012. Skogsägarföreningarnas utveckling efter krisen i slutet på 1970-talet – en analys av förändringar och trender. *The development of forest owners association's in Sweden after the crisis in the late 1970s – an analysis of changes and trends*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
88. Johansson, E. 2012. Skogsbränslebalansen i Mälardalsområdet – Kraftvärmeverkens syn på råvaruförsörjningen 2010-2015. *The balance of wood fuel in the region of Mälardalen – The CHP plants view of the raw material supply 2010-2015*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
89. Biruk, K. H. 2012. *The Contribution of Eucalyptus Woodlots to the Livelihoods of Small Scale Farmers in Tropical and Subtropical Countries with Special Reference to the Ethiopian Highlands*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
90. Otuba, M. 2012. *Alternative management regimes of Eucalyptus: Policy and sustainability issues of smallholder eucalyptus woodlots in the tropics and sub-tropics*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
91. Edgren, J. 2012. *Sawn softwood in Egypt – A market study*. En marknadsundersökning av den Egyptiska barrträmarknaden. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
92. Kling, K. 2012. *Analysis of eucalyptus plantations on the Iberian Peninsula*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
93. Heikkinen, H. 2012. Mätning av sorteringsdiameter för talltimmer vid Kastets sågverk. *Measurement of sorting diameter for pine logs at Kastet Sawmill*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
94. Munthe-Kaas, O. S. 2012. Markedsanalyse av skogsforsikring i Sverige og Finland. *Market analysis of forest insurance in Sweden and Finland*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
95. Dietrichson, J. 2012. Specialsortiment på den svenska rundvirkesmarknaden – En kartläggning av virkeshandel och -mätning. *Special assortments on the Swedish round wood market – A survey of wood trade and measuring*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

96. Holmquist, V. 2012. Timmerlängder till Iggesunds sågverk. *Timber lengths for Iggesund sawmill*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
97. Wallin, I. 2012. *Bioenergy from the forest – a source of conflict between forestry and nature conservation? – an analysis of key actor's positions in Sweden*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
98. Ederyd, M. 2012. Användning av avverkningslikvider bland svenska enskilda skogsägare. *Use of harvesting payments among Swedish small-scale forest owners*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
99. Högberg, J. 2012. Vad påverkar marknadsvärdet på en skogsfastighet? - En statistisk analys av markvärdet. *Determinants of the market value of forest estates. - A statistical analysis of the land value*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
100. Sääf, M. 2012. Förvaltning av offentliga skogsfastigheter – Strategier och handlingsplaner. *Management of Municipal Forests – Strategies and action plans*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
101. Carlsson, S. 2012. Faktorer som påverkar skogsfastigheters pris. *Factors affecting the price of forest estates*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
102. Ek, S. 2012. FSC-Fairtrade certifierade trävaror – en marknadsundersökning av två byggvaruhandlare och deras kunder. *FSC-Fairtrade labeled wood products – a market investigation of two builders' merchants, their business customers and consumers*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
103. Bengtsson, P. 2012. Rätt pris för timmerråvaran – en kalkylmodell för Moelven Vänerply AB. *Right price for raw material – a calculation model for Moelven Vänerply AB*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
104. Hedlund Johansson, L. 2012. Betalningsplaner vid virkesköp – förutsättningar, möjligheter och risker. *Payment plans when purchasing lumber – prerequisites, possibilities and risks*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
105. Johansson, A. 2012. *Export of wood pellets from British Columbia – a study about the production environment and international competitiveness of wood pellets from British Columbia*. Träpelletsexport från British Columbia – en studie om förutsättningar för produktion och den internationella konkurrenskraften av träpellets från British Columbia. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
106. af Wählberg, G. 2012. Strategiska val för Trivselhus, en fallstudie. *Strategic choices for Trivselhus, a case study*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
107. Norlén, M. 2012. Utvärdering av nya affärsområden för Luna – en analys av hortikulturindustrin inom EU. *Assessment of new market opportunities for Luna – an analysis of the horticulture industry in the EU*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
108. Pilo, B. 2012. Produktion och beståndsstruktur i fullskiktad skog skött med blädningsbruk. *Production and Stand Structure in Uneven-Aged Forests managed by the Selection System*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
109. Elmkvist, E. 2013. Den ekonomiska konsekvensen av ett effektiviseringsprojekt – fallet förbättrad timmersortering med hjälp av röntgen och 3D-mätning. *The economic consequences of an efficiency project - the case of improved log sorting using X-ray and 3D scanning*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

Distribution  
Sveriges lantbruksuniversitet  
Institutionen för skogens produkter  
Department of Forest Products  
Box 7008  
SE-750 07 Uppsala, Sweden  
Tfn. +46 (0) 18 67 10 00  
Fax: +46 (0) 18 67 34 90  
E-mail: [sprod@slu.se](mailto:sprod@slu.se)